



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS AGRÍCOLAS Y  
FORESTALES**

## **TESIS DOCTORAL**

### **OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO DE LOS CAMPOS DE GOLF EN CONDICIONES MEDITERRÁNEAS**

Director:

PROFESOR D. RAFAEL JESÚS LÓPEZ-BELLIDO GARRRIDO

Doctorando:

LUÍS FILIPE RIBEIRO PONTE VELEZ PEÇAS

**2013**

TITULO: *Optimización del riego de los campos de golf en condiciones mediterráneas*

AUTOR: *Luis Filipe Ribeiro Ponte Velez Peças*

---

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2014  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)  
[publicaciones@uco.es](mailto:publicaciones@uco.es)

---



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS AGRÍCOLAS Y  
FORESTALES**

## **TESIS DOCTORAL**

### **OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO DE LOS CAMPOS DE GOLF EN CONDICIONES MEDITERRÁNEAS**

Director:

PROFESOR D. RAFAEL JESÚS LÓPEZ-BELLIDO GARRRIDO

Doctorando:

LUÍS FILIPE RIBEIRO PONTE VELEZ PEÇAS

**SEPTIEMBRE, 2013**



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS AGRÍCOLAS Y  
FORESTALES**

## **OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO DE LOS CAMPOS DE GOLF EN CONDICIONES MEDITERRÁNEAS**

Tesis presentada por Luís Filipe Ribeiro Ponte Velez Peças en satisfacción de los requisitos necesarios para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba. Dirigida por el Profesor Doctor D. Rafael Jesús López-Bellido Garrido, Profesor Titular de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes de la Universidad de Córdoba.

El Director de la Tesis:

El Doctorando:

Prof. D. Rafael López-Bellido Garrido

Luís Filipe Ponte Peças

Córdoba, Septiembre de 2013



**TÍTULO DE LA TESIS: OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO DE LOS CAMPOS DE GOLF EN CONDICIONES MEDITERRÁNEAS**

**DOCTORANDO: Luis Filipe Ribeiro Ponte Velez Peças**

**INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS**

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

La presente Tesis Doctoral se ha desarrollado durante los años 2008-2009 en cuyo periodo el doctorando ha adquirido conocimientos relacionados con el riego en los campos de golf. El trabajo se ha realizado sobre dos experimentos iniciados en el año 2006. El primero en un green, donde se estudió el efecto de la dosis de riego y la dosis de N fertilizante sobre la calidad estética, producción de clipping y jugabilidad. El segundo en un fairway, donde se estudio el efecto de la dosis de riego y la especie-genotipo sobre la calidad estética, la producción de clipping y la resistencia al estrés hídrico. Los resultados obtenidos son una contribución significativa a la optimización del riego de los campos de golf en condiciones mediterráneas, así como la fertilización nitrogenada en greens y la elección de especie y cultivar en fairway. Hasta la fecha no ha sido publicado nada. Las publicaciones se están elaborando y en breve verán la luz.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 17 de septiembre de 2013

Firma del director

Fdo.: Rafael J. López-Bellido Garrido

Si no puedes ser un pino en la cima de una colina, sé un arbusto en el valle...  
pero sé el mejor arbusto en la margen del arroyo.  
Sé una rama, si no puedes ser un árbol.  
Si no puedes ser una rama, sé un poco de hierba,  
y da alegría a los que pasan en el camino.  
¡Hay un lugar para todos nosotros!  
Existen grandes y pequeñas obras a realizar.  
Y hay siempre una tarea que debemos emprender.  
Si no puedes ser una carretera,  
sé un simple sendero.  
Si no puedes ser Sol, sé una pequeña Estrella.  
¡Pero, sé lo mejor que puedas!  
No es por el tamaño por lo que vas a tener éxito o fracasar...

**A Francisco**

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo sólo ha podido llevarse a cabo gracias al apoyo y la cooperación de instituciones y de varias personas. La gratitud para con aquellos que desinteresadamente han contribuido al éxito de este trabajo nunca podrá ser olvidada. Por lo tanto, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

En primero lugar a Dios, porque seguro que hay alguien superior y distinto que nos apoya y no nos abandona cuando lo necesitamos. A Jesús Cristo, Dios hecho Hombre, y Su Madre, Nuestra Señora Santa María, mis fieles y grandes Compañeros en todas las horas, por el Don de la Vida, por la Fe; porque siempre iluminaron mi camino, escucharon mis desahogos y por Sus consejos, por perdonarme y haberme enseñado a perdonar, por hacerme creer siempre en la Vida y en la concretización de los sueños, por haberme dado la alegría, la fuerza y la salud para llegar hasta aquí.

Al Profesor Doctor D. Luis López Bellido, Catedrático de Producción Vegetal del Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales de la Universidad de Córdoba y Director del Grupo de Investigación “*Agronomía de Leguminosas y Cereales*”, mi eterno agradecimiento por crear las condiciones necesarias para el desarrollo y la concretización de esta tesis doctoral, por la información, apoyo, motivación, sugerencias y enseñanzas transmitidas, así como la atención y el tiempo que siempre con prontitud ha dispuesto para ayudarme en lo que fuese, por convertirse en un Amigo, y por la capacidad y verticalidad humana, siempre presente, donde, con él, tuve el gran placer de trabajar.

A mi Director de Tesis, el Profesor Doctor D. Rafael Jesús López-Bellido Garrido, Profesor Titular del Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales de la Universidad de Córdoba, Maestro y Persona, le debo un especial agradecimiento no sólo por su pronta disponibilidad para la orientación y corrección de esta Tesis, sino también por todas las valiosas enseñanzas académicas transmitidas, así como las de la Vida, y por la comprensión de mis dificultades. Deseo aquí manifestar mi más sincero reconocimiento por todo el apoyo, paciencia infinita, esfuerzo, dedicación, información, así como por sus excelentes consejos y disponibilidad que siempre ha demostrado, además de la confianza depositada en mí. El compartir del saber y las enseñanzas legadas a lo largo de todas las etapas de este trabajo, resultaron en una consideración, contemplación y estima a la que nunca podré ser indiferente.

Al Ilustre Presidente del Instituto Politécnico de Castelo Branco, Profesor Coordinador D. Carlos Manuel Leitão Maia, por la autorización y por concederme la oportunidad única de participar en este curso de Doctorado y por la excepcional aprobación de las dispensas totales de servicio docente, permitidas durante dos años, que proporcionaron las condiciones necesarias para la realización de este trabajo.

Quiero agradecer a la Escola Superior Agrária de Castelo Branco (ESACB), concretamente al Director, Profesor Doctor D. Celestino António Morais de Almeida, al Subdirector, Profesor Doctor D. Manuel Vicente de Freitas Martins y al Presidente de la Unidade Técnico Científica Ciências da Vida e dos Alimentos, Profesor Adjunto D. João Pedro Várzea Rodrigues, la ayuda y paciencia, toda la disponibilidad y apoyo institucional. Sin ellos, me hubiese sido francamente difícil, o imposible, obtener las condiciones necesarias para la realización de este trabajo. Todos estos agradecimientos son extensibles a la competentísima e insuperable Doctora Doña Elisa Ribeiro y su muy competente equipo.

A todos mis colegas del cuerpo docente de la ESACB que me sustituyeron en las diversas asignaturas a lo largo de 2 años, verdaderos colaboradores y amigos, por la gran ayuda y apoyo, por el empeño y la capacidad, por la comprensión, sabiduría y aliento, que me posibilitaron el enriquecimiento técnico y científico y que, de forma directa, contribuyeron a que mis objetivos fuesen alcanzados, se lo agradezco profundamente.

A la Universidad de Córdoba por la disponibilidad del área, toda la infraestructura, los recursos técnicos y humanos para la realización de los experimentos, y por la oportunidad de concretizar este estudio.

Agradecer al Profesor Doctor D. Juan Enrique Castillo García, como Director del Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales de la Universidad de Córdoba, por el cual tengo un gran respeto y admiración, el incentivo, la disponibilidad, el apoyo y las condiciones para la realización de este trabajo, y al resto del equipo departamental, en especial al Profesor Doctor D. Mariano Fuentes García, por toda la colaboración, enseñanzas, amistad y agradables momentos de convivencia durante mi estancia de casi tres años en la Universidad de Córdoba.

Un agradecimiento muy especial, por la gran contribución y auxilio en la realización de este trabajo, a mis Amigas Verónica Muñoz Romero y Purificación Fernández García, que siempre me han apoyado, por la amistad sincera, por la disponibilidad siempre total en el esclarecimiento de dudas, por el apoyo, paciencia y buen humor, por las enseñanzas y por las muchas horas de intercambio y reflexión. Sin ellas difícilmente hubiera alcanzado buen puerto.

También a la colega Sara Calvache Gil, por la convivencia y el buen humor en los momentos de trabajo más pesados.

Gracias al Ingeniero Agrónomo Pedro López-Bellido Garrido, por todos los consejos técnicos y conocimientos transmitidos, los cuales fueron de gran valor para el enriquecimiento de esta tesis; por la ayuda, apoyo, paciencia y disposición durante el arduo trabajo de campo, imprescindibles para su desarrollo; por el compañerismo y agradable convivencia durante el doctorado, por la amistad ante todo.



A los Técnicos de Campo de la Universidad de Córdoba, D. Joaquín Muñoz y D. José Muñoz, por la constante colaboración y por la gran ayuda y apoyo en la conducción del experimento de campo de forma tan atenta. No sólo por el gran auxilio dispensado, sino también por la amistad, por la comprensión, por la paciencia en transmitir sus conocimientos y por el compañerismo dedicado a lo largo de este trabajo, mi agradecimiento muy especial.

A la Señora Doña María Auxiliadora López-Bellido Garrido, cariñosamente conocida como Coco, que nunca escatimó esfuerzos en atender a mis innumerables pedidos y que siempre ha estado entre bastidores de este proyecto, por su apoyo, dedicación y amistad que siempre me dispensó, por las enseñanzas fundamentales para la realización del trabajo.

A la Señora Doña María del Pilar Porcel Moreno, Secretaria del Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales de la Universidad de Córdoba, por su seriedad y educación, pero sobre todo por su dedicación, disponibilidad y auxilio impecable, lo cual tuvo fundamental importancia para la ejecución de este trabajo.

A los verdaderos Maestros, por los cuales siento un gran respeto y admiración, de la inolvidable “Tertulia Cierra Bares” (en especial a mis eternos Amigos y mi Familia Cordobesa, por lo que significan para mí: Calixto y María Jesús, Paco y Manoli, Guadalupe y, en un principio niños y adolescentes actuales, Ani y Manuel), por la amistad, por la compañía, por la convivencia y crecimiento en estos años, por el apoyo y dedicación, por la paciencia. ¡Vosotros estaréis eternamente en mi corazón! Con la misma intensidad y ansiedad, nunca más será el mismo viernes noche...

A Guadalupe, gran Amiga, por la amistad construida. Por tenerme abiertas las puertas de su casa, junto con Ani. Por compartir los momentos felices y por el apoyo y auxilio en los momentos más difíciles. Por su dedicación e incentivo constante. Por la comprensión, paciencia, por el crecimiento humano y por participar en mi formación. Si no fuera por su ayuda, no sé si estaría escribiendo esto hoy... ¡Eres un ejemplo de honradez, honestidad y perseverancia, te agradezco hoy y siempre!

A todos mis Amigos y Hermanos de la Hermandad de Nuestro Padre Jesús de la Pasión, María Santísima del Amor y San Juan Evangelista, por haberme acogido como un Hermano, por haberme proporcionado la gracia inolvidable de llevar a “*pasear El Señor*”, por la maravillosa y sana convivencia, por la Fe y por haberme enseñado a andar siempre hacia adelante, dando un paso a la vez, mi eterna gratitud.

A Jesús Domínguez Ruano, propietario de la Cafetería “Domintor” del Campus Universitario de Rabanales y sus funcionarios Catalina Alcaide, Manoli Luque, Nuria Herrera, Francisco Solís, José Ortiz y Manuel Hurtado, personas muy especiales que he conocido durante estos años, por “haberme llenado el plato todos los días”, por la amistad, sensibilidad y receptividad, y al Técnico Especialista de Laboratorio Antonio Baena, que durante más de dos años fue mi alegre compañero de todos los días en la comida. Muchas Gracias por la convivencia maravillosa.

Un infinito agradecimiento a mis Padres, Maria Rosalina y João Luís, por ser quienes son y por la buena educación que me dieron, esencial para que surgiesen amistades y oportunidades que me encaminaran por la Vida; por el amor, cariño y amparo constante, por su ayuda e incentivo. A pesar de la distancia física que nos separa, siempre estuvimos bien próximos.

A mis hermanos, Margarida (sé que fui parte de sus oraciones...) y António Luís, que aún distantes me acompañaron en esta caminata, con apoyo, incentivo y amor, por todo el soporte y la motivación siempre constante durante toda mi Vida.

A mis sobrinas Margarida y Madalena que siempre me animaron, António, Teresa y Francisco por todos los momentos divertidos.

A Isabel, con quien compartí tres décadas de Vida, que en la distancia física rezó por mí, que siempre me incentivó y apoyó en la búsqueda de este y otros objetivos. Por todo el amor, cariño, complicidad, dedicación, respeto y por la nobleza con la que enfrentó mi ausencia durante largos períodos en el decurso de estos casi tres años. Por hacerme creer que todo acabaría bien y por siempre creer en la realización de mis sueños.

A mi Querida Hija Maria de Assis agradezco todo y nada, por todo lo que significa para mí, sin ella nada tiene sentido en la Vida – es ella la razón de todo. Por su amor incondicional, su cariño, su apoyo, su alegría y felicidad, por su tolerancia y comprensión siempre demostradas en todo momento, por estar presente en más una etapa de mi vida. Y, sobre todo, por invertir nuestros papeles en los momentos en que yo no pude desempeñar el mío.

Por último, agradezco mucho a toda Córdoba, sin duda alguna la mejor localidad del Mundo, por su Historia, sus calles, sus plazas, sus monumentos, sus tabernas, sus fiestas, sus maravillosas y únicas gentes, por recibirme tan simpática y estupendamente bien y hacerme sentir parte de esta Tierra, hasta el punto de nunca más querer partir. ¡Gracias, Muchas Gracias!

Y, finalmente, a todos los que de alguna forma, de manera directa o indirecta, me apoyaron y incentivaron durante estos años, y han colaborado y contribuido en el desarrollo de esta investigación, mi más sincero agradecimiento.

Ya siento y sentiré mucha nostalgia...

## RESUMEN

Andalucía tiene una situación privilegiada para la actividad del golf por sus condiciones climáticas, adecuadas comunicaciones, una excelente infraestructura turística, un nivel de precios asequible y una amplia oferta de campos de golf en un radio reducido. Sin embargo, la demanda de agua para los campos de golf es “aparentemente” elevada debido a las peculiaridades del clima mediterráneo, caracterizado por fuertes tasas evapotranspirativas junto con precipitaciones erráticas y escasas. Dada la importancia que ha tomado la conservación del agua se requieren estudios del consumo real y de las posibles mejoras para su optimización que paradójicamente no han sido realizados hasta la fecha. El principal objetivo del estudio fue la optimización del riego de las dos partes más importantes de un campo de golf, *green* y *fairway*. Para ello se llevaron a cabo dos experimentos durante dos años: (i) en un *green* de *Agrostis stolonifera* L., donde se estudió el efecto de la dosis de riego diaria (100, 80, 60 y 40 % de la  $ET_C$ ) y la dosis de N aplicada cada 10 días (0, 3, 6, 9 kg N ha<sup>-1</sup> en verano e invierno, y 0, 5, 10, 15 kg N ha<sup>-1</sup> en primavera y otoño); (ii) en un *fairway*, en el que se evaluó el efecto de la dosis de riego (100, 70 y 40 % de la  $ET_C$ ) y de la especie-cultivar. Las especies fueron bermuda (*Cynodon dactylon* L.), festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.), festuca rubra (*Festuca rubra* L.) y raygrass (*Lolium perenne* L.). De cada especie se utilizaron 3 cultivares. Dentro de este segundo experimento se realizaron pruebas de estrés hídrico (6 días sin riego). En el experimento del *green* el contenido de agua del suelo mostró una reducción significativa a la dosis del 40 % de la  $ET_C$  respecto a las otras que no se diferenciaron entre si. El consumo de agua fue mayor en la dosis 0 kg N ha<sup>-1</sup> respecto a las otras dosis, entre las que no hubo diferencias. El *clipping* aumentó con la dosis de N, pero no se vio afectado por la dosis de riego. La calidad estética, determinada con un medidor de clorofila mediante reflectancia (Field Scout CM 1000), experimentó una reducción solamente con la dosis del 40 % de la  $ET_C$ . La calidad estética aumentó con la dosis de N fertilizante en todas las estaciones del año, mientras con la distancia de rodadura de la bola fue al contrario. El riego no tuvo efecto alguno sobre la distancia de rodadura de la bola. En el experimento del *fairway* se mostró como las especies-cultivares de festuca alta, festuca rubra y bermuda se pueden regar al 40 % de la  $ET_C$  diaria sin perder calidad, mientras que el raygrass necesita riegos del 70 % de la  $ET_C$ . La festuca alta fue la que menos agua consumió, mientras que la festuca rubra consumió un 15 % más y un 30 % de la bermuda; el raygrass consumió un 6 % más pero recibiendo una dosis de riego superior. La festuca alta produjo un 40 % más de *clipping* que la bermuda a las dosis óptimas de riego apuntadas. Los resultados fueron similares cuando se analizaban por cultivares. La bermuda tendría que recibir el 70 % de la  $ET_C$  para aumentar su *clipping*, pero aún así sigue siendo menor que el de la festuca alta. La festuca rubra y el raygrass producen mucho menos *clipping* que la festuca alta, lo que las hace más sensibles ante cualquier perturbación en su uso. Sólo los cultivares de festuca alta y bermuda mostraron

diferencias entre ellos y en interacción con la dosis de riego. En las pruebas de estrés hídrico se observó que no es necesario realizar riegos diarios, ya que al 100 % de la  $ET_C$  muchas especies-cultivares mostraron mejor calidad después de 2-3 días sin regar y a las dosis más bajas de riego no se perdió calidad. De este trabajo se extrae que el efecto de la dosis de riego puede evaluarse con sensores remotos de medición de la clorofila como una alternativa a la medición del agua del suelo. Del experimento del *green* se concluye que el riego normalmente aplicado en el sur de España del 100-90 % de la  $ET_C$  es innecesario. La dosis de riego se puede reducir al 60-80 % de la  $ET_C$  sin que afecte negativamente a la calidad estética, vigor y distancia de rodadura de la bola. Además, la aplicación de N incrementa la calidad estética y el vigor, mientras que reduce la distancia de rodadura de la bola y no afecta al consumo de agua. Del experimento realizado en condiciones de *fairway* se puede concluir que a nivel de especie-cultivar, la festuca alta es la mejor elección frente a la bermuda, festuca rubra y raygrass; ya puede reducirse la dosis de riego diaria al 40 % de la  $ET_C$  manteniendo la calidad estética y vigor, además de tolerar muy bien el estrés hídrico. El riego diario (práctica habitual) no es necesario en condiciones de *fairway*.

## SUMMARY

Andalucía has a privileged situation for the activity of the golf course because of its climatic conditions, adequate communications, an excellent tourist infrastructure, a level of affordable prices and a wide range of golf courses in a small radio. However, the demand for water for golf courses is "apparently" high due to the peculiarities of the Mediterranean climate, characterized by strong evapotranspiration rates along with erratic and scarce rainfall. Given the importance that has taken the water conservation, studies are required of the actual consumption and possible improvements to your optimization which paradoxically have not been carried out to date. The main objective of this study was the optimization of irrigation of the two most important parts of a golf course, *green* and *fairway*. Thus, two experiments were carried out for two years: (i) in a *green* of *Agrostis stolonifera* L., where it was studied the effect of the daily dose of irrigation (100, 80, 60 and 40 % of the  $ET_C$ ) and the dose of N applied every 10 days (0, 3, 6, 9 kg N ha<sup>-1</sup> in summer and winter, and 0, 5, 10, 15 kg N ha<sup>-1</sup> in spring and autumn); (ii) in a *fairway*, which evaluated the effect of irrigation dose (100, 70 and 40 % of the  $ET_C$ ) and of the species-cultivars. The species were bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.), tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.), red fescue (*Festuca rubra* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). For each species were used 3 cultivars. Within this second experiment tests were carried out on water stress (6 days without irrigation). In the *green* experiment the water content of the soil showed a significant reduction in the dose of 40 % of the  $ET_C$  compared to the others that did not differ among themselves. Water consumption was greater in the dose 0 kg N ha<sup>-1</sup> with respect to the other doses, among which there were no differences. The *clipping* increase with the dose of N, but was not affected by the irrigation dose. The aesthetic quality of the turf, determined with a chlorophyll meter using reflectance (Field Scout CM 1000), experienced a reduction only with the dose of the 40 % of the  $ET_C$ . The aesthetic quality increase with the N fertilizer dose in all the seasons of the year, while with the ball rolling distance was on the contrary. Irrigation had no effect whatsoever on the ball rolling distance. In the *fairway* experiment is showed as the species-cultivars of tall fescue, red fescue and bermudagrass may be irrigated to the 40 % of the daily  $ET_C$  without losing quality, while the perennial ryegrass needs irrigation of 70 % of the  $ET_C$ . Tall fescue was the least water consumed, while the red fescue consumed 15 % more and 30 % of the bermudagrass; the perennial ryegrass consumed a 6 % more but receiving a higher dose of irrigation. Tall fescue was a 40 % more *clipping* than the bermudagrass to the optimal dose of irrigation by putting the targeted level of the red fescue. The results were similar when analyzed by cultivars. The bermudagrass would have to receive 70 % of the  $ET_C$  to increase your *clipping*, but it is still lower than that of the tall fescue. The red fescue and the perennial ryegrass produce far less *clipping* than tall fescue, which makes them more sensitive to any disturbance in their use. Only the cultivars of tall fescue and bermudagrass showed differences between them and in

interaction with a dose of irrigation. In the water stress test it was noted that it is not necessary to irrigate daily, since at the 100 % of the  $ET_C$  many species-cultivars showed better quality after 2-3 days without watering and the lower doses of irrigation does not lose quality. From this work it is concluded that the effect of irrigation dose can be evaluated with remote sensors for the measurement of chlorophyll as an alternative to the measurement of soil water. From the *green* experiment it is concluded that the irrigation normally applied in the south of Spain of the 100-90 %  $ET_C$  is unnecessary. The irrigation dose can be reduced to 60-80 %  $ET_C$  without adversely affecting the aesthetic quality of the turf, vigor and ball rolling distance. In addition, the application of N increases the aesthetic quality and vigor, while reducing the ball rolling distance and does not affect the water consumption. From the experiment conducted in conditions of *fairway* we can conclude that at the level of species-cultivars, tall fescue is the best choice compared to the bermudagrass, red fescue and perennial ryegrass; we can already be reduced daily dose of irrigation to the 40 % of the  $ET_C$  while maintaining the aesthetic quality and vigor, in addition to tolerate very well the water stress. The daily watering (standard practice) is not necessary in conditions of *fairway*.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
RESUMEN .....	vi
SUMMARY .....	viii
ÍNDICE .....	x
1 – INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 – LAS CONDICIONES MEDITERRÁNEAS .....	1
1.2 – EL GOLF .....	2
1.2.1 – Marco histórico .....	2
1.2.1.1 – Origen y desarrollo .....	2
1.2.1.2 – El caso de España .....	5
1.2.2 – Turismo y golf .....	6
1.2.3 – El campo de golf .....	11
1.2.3.1 – Clasificación de los campos de golf .....	11
1.2.3.1.1 – En función de las características del campo .....	12
1.2.3.1.2 – En función del propósito de su construcción .....	13
1.2.3.1.3 – En función del acceso de usuarios .....	14
1.2.3.2 – Partes de un campo de golf .....	15
1.2.3.2.1 – Tee .....	16
1.2.3.2.2 – Green y antegreen .....	16
1.2.3.2.3 – Fairway .....	18
1.2.3.2.4 – Rough y semirough .....	19
1.2.3.2.5 – Bunker .....	19

1.2.3.2.6 – Obstáculos de agua y árboles .....	19
1.2.3.3 – Importancia de los céspedes .....	20
1.2.3.4 – Características de los céspedes .....	22
1.2.3.5 – Principales especies formadoras de céspedes .....	23
1.2.3.5.1 – Especies de estación fría .....	23
1.2.3.5.2 – Especies de estación cálida .....	25
1.2.3.5.3 – Principales especies de céspedes en los campos de golf de la España mediterránea .....	26
<b>1.3 – EL AGUA EN LOS CÉSPEDES DEPORTIVOS .....</b>	<b>33</b>
1.3.1 – Consumo de agua de los campos de golf en España .....	33
1.3.2 – Estrés hídrico .....	36
1.3.3 – Evapotranspiración (ET) .....	39
1.3.4 – Manejo del riego .....	41
1.3.5 – Medición del contenido de agua del suelo .....	44
<b>1.4 – OPTIMIZACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA .....</b>	<b>46</b>
<b>2 – OBJETIVOS .....</b>	<b>49</b>
<b>3 – MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>50</b>
3.1 – LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL ...	50
3.2 – DISEÑO EXPERIMENTAL .....	51
3.3 – OPERACIONES DE MANTENIMIENTO .....	52
3.4 – DETERMINACIONES .....	55
3.5 – ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	57
<b>4 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>58</b>
4.1 – CONDICIONES CLIMÁTICAS .....	58
4.2 – EXPERIMENTO <i>GREEN</i> .....	59
4.2.1 – Contenido de agua del suelo .....	59



4.2.2 – Producción de biomasa aérea ( <i>clipping</i> ) .....	63
4.2.3 – Calidad estética del césped .....	64
4.2.4 – Distancia de rodadura de la bola .....	67
4.3 – EXPERIMENTO FAIRWAY .....	69
4.3.1 – Estudio por especies .....	69
4.3.1.1 – Contenido de agua del suelo .....	69
4.3.1.2 – Producción de biomasa aérea ( <i>clipping</i> ) .....	72
4.3.1.3 – Calidad estética del césped .....	73
4.3.1.4 – Pruebas de estrés hídrico .....	74
4.3.2 – Estudio por cultivares .....	78
4.3.2.1 – Contenido de agua del suelo .....	78
4.3.2.2 – Producción de biomasa aérea ( <i>clipping</i> ) .....	79
4.3.2.3 – Calidad estética del césped .....	81
4.3.2.4 – Pruebas de estrés hídrico .....	82
5 – CONCLUSIONES .....	89
6 – BIBLIOGRAFÍA .....	90



## 1 – INTRODUCCIÓN

### 1.1 – LAS CONDICIONES MEDITERRÁNEAS

De acuerdo con Mørch (1999), la zona mediterránea es de transición climática, económica y cultural. Henry (1979) apuntó que la región mediterránea se encuentra en la zona de transición entre el clima templado húmedo de Europa Central y del Norte y el extremadamente árido del Norte de África. El Mediterráneo es el único mar que ha dado su nombre a un clima bien definido – veranos calurosos y secos e inviernos suaves y húmedos (Henry, 1979; Rana & Katerji, 2000).

Para Elias (1984), el mes más frío del invierno en toda la región es enero, aunque febrero es igualmente frío a lo largo de la costa central del Mediterráneo. La temperatura media de enero en la costa europea es de 7 a 10 °C, mientras que en el interior es solamente 4 °C. López-Bellido (1992) indica que agosto normalmente tiene la temperatura media más alta del verano, aunque las temperaturas en julio pueden solamente diferir 1 ó 2 °C. Promedios para estos meses alcanzan los 24 a 27 °C, aunque en algunas zonas del interior pueden ser superiores, pero, en concordancia con García-Verdugo Rodríguez & Monje Jiménez (1997), sin que se mantengan temperaturas superiores a los 30-35 °C por muchos días.

Mientras que la definición de otros climas depende de las diferencias en la temperatura, la definición del clima mediterráneo depende de la distribución de las precipitaciones. La pluviosidad es más alta entre el otoño y la primavera, y mínima en verano (Daniagnez, 1979). Para Cooper *et al.* (1987), el clima mediterráneo es caracterizado por una alta variabilidad estacional de las precipitaciones, con un 85 % de la precipitación anual ocurriendo durante los meses de octubre a abril. Daniagnez (1979) menciona que este patrón estacional se intensifica por la intensa radiación solar, que provoca una alta evapotranspiración (ET) y aridez durante el verano, de modo que, según Beard & Sifers (1997a) e Jiang & Huang (2001c), las condiciones climáticas durante los meses de verano pueden implicar un período prolongado de estrés hídrico que reduce la actividad fisiológica de crecimiento de la planta y por lo tanto la calidad del césped.

La precipitación media anual en la región oscila por lo general entre 200 y 900 mm; hay algunos lugares que podrán recibir más de 1000 o menos que 100 mm. La lluvia cae generalmente durante un breve período, ya sea como tormentas torrenciales o lluvias ligeras (ICARDA, 1979). Generalmente, octubre coincide con el mes de mayor precipitación en la costa este española, mientras en la costa atlántica y sur de España el mes más lluvioso es noviembre o diciembre, o ocasionalmente enero (Elias, 1984). Sin embargo, una de las principales características de la región es la gran variabilidad en las

precipitaciones de un año a otro (ICARDA, 1979). En general, es posible decir que, a medida que se mueve de norte a sur y de oeste a este, los veranos se hacen más calientes, hay menos tormentas y menores precipitaciones anuales (Elias, 1984).

Así, la limitación más importante para la producción de cultivos en la región del Mediterráneo es, sin lugar a dudas, el agua. Las altas tasas de ET debido a la alta radiación solar, los vientos secos y baja humedad relativa, junto con la escasez e ineficacia de las lluvias, causa un gran estrés hídrico en toda la zona. Durante las altas temperaturas de verano este estrés hídrico se convierte en una seria limitación en el crecimiento y producción vegetal, y por lo tanto el riego se convierte en un factor importante (ICARDA, 1979).

Resumiendo y citando Le Houérou (1992), Greco *et al.* (2005) y Esper *et al.* (2007), la región se caracteriza comúnmente por un período de sequía estival, particularmente en la parte sur y sudeste de la cuenca del Mediterráneo, que, asociada con el impacto antropogénico, ha aumentado la desertificación. Cambios futuros podrían tener un impacto muy negativo sobre los recursos hídricos y por lo tanto importantes implicaciones socio-económicas (Nicault *et al.*, 2008).

## **1.2 – EL GOLF**

El golf, que se ha ido transformando poco a poco en un modo de vida para los 60 millones de personas que lo practican en los más de 30000 campos de golf de todo el mundo, es objeto de estudio de multitud de disciplinas, entre las cuales se incluyen el diseño de campos, la agronomía y la economía (Farrally *et al.*, 2003).

### **1.2.1 – Marco histórico**

#### **1.2.1.1 – Origen y desarrollo**

Como ocurre con otros deportes, la fecha exacta de los orígenes del golf es incierta y además existe cierta controversia en torno al país donde tuvo sus comienzos. En la antigüedad y según cuenta la leyenda, entre los campesinos romanos existía un juego llamado “*pagánica*” en el cuál se golpeaba una pelota de cuero rellena de plumas con un palo doblado. Precisamente por la similitud que tiene la construcción de esta

bola con otras aparecidas en diversos países del continente, se piensa que con la expansión del Imperio Romano se pudo exportar este juego a otras zonas de Europa. Considerase así al “*pagánica*” como precursor de otros juegos como el “*cambuca*”, el “*jeu de mail*”, el “*chole*” y el “*kolbe*” (Brasch, 1970). Pero los holandeses reclaman como suyo el origen del golf y afirman que más tarde lo exportaron a Escocia vía marítima, dada la larga tradición comercial entre Escocia y Holanda. El juego en cuestión recibía entre los holandeses el nombre de “*kolf*” o “*kolbe*”, existiendo documentos y pinturas del siglo XIV que así lo demuestran. De hecho, en el Museo Británico existe un lienzo donde aparecen tres hombres portando en una mano pequeños objetos esféricos y algo muy similar a lo que hoy entendemos por palos de golf en la otra (Tunis, 1940). En abril de 2005, surgieron nuevos datos para reactivar el debate sobre el origen del golf. Este fue traído por el Profesor Ling Hongling de la Universidad de Lanzhou (China), lo que sugiere que un juego similar a lo que se está reproduciendo actualmente se ha practicado en China desde la Dinastía Tang (618-907), 500 años antes de que el golf se haya mencionado en Escocia. Ling Hongling también sugiere que el golf se ha exportado a Europa, y luego a Escocia, por viajeros mongoles en el final de la Edad Media.

Aunque los orígenes del golf son inciertos, es una realidad que su desarrollo se debe a los escoceses. En efecto, popularmente se cuenta que el golf era jugado “rústicamente” – utilizando palos y piedras – en el siglo XIV por los pescadores escoceses cuando regresaban a tierra firme (Paniza Prados, 2005). Mitchell (1936) afirma que el juego en Escocia inicialmente no tuvo aceptación entre las autoridades de la época. De hecho, en 1457 el rey de Escocia observó como este deporte estaba desplazando en popularidad al tiro con arco (vital para la defensa nacional frente a Inglaterra) y ese mismo año un edicto del parlamento de Jaime II legisló en contra del golf, siendo el primer documento escrito donde se hace referencia exacta a este deporte. Sin embargo, esta ley no tuvo mucho éxito ó aceptación y el golf fue indultado en 1502. Pero una fecha importante en el juego del golf se da en el 1603, cuando Jaime VI de Escocia se convierte en Jaime I de Inglaterra y traslada su residencia a este último país. Es la primera vez que el juego traspasa las fronteras escocesas, teniendo gran aceptación popular.

El club que es considerado como la cuna de golf es el *The Royal and Ancient Golf Club of St. Andrews*, que se encuentra en Escocia. En 1552 el arzobispo de St. Andrews reconoce como de utilidad pública los terrenos en los que entre otras actividades se practicaba el golf. Así surge una de las organizaciones que más ha promovido la práctica del golf. De hecho, las reglas de juego allí acordadas en 1754 son la base de las que hoy día se utilizan en todos los campos del mundo. También el primer torneo de golf oficial fue jugado en 1860 en St. Andrews, considerándose al mismo tiempo el primer Open Británico (Paniza Prados, 2005).

Fernandes (2007) defiende que la difusión del golf en Europa, Norteamérica y Asia eclosionó con la emigración de los escoceses e ingleses que, al llegar a estos destinos, procuraban crear un club y construir campos de golf.

El golf entra “extraoficialmente” en Estados Unidos a mediados del siglo XVIII conociéndose la existencia de dos clubs de golf: uno que data de 1786 en Charleston (Carolina del Sur) y otro de 1811 en Savannah (Georgia) (Alliss & Ferrier, 1991). Pero, en realidad, el golf llega al otro lado del Atlántico a través de Canadá. Allí, en 1873, se funda el *Royal Montreal Golf Club* y en 1875 el *Royal Québec Golf Club*. La entrada oficial del golf en los Estados Unidos se debe a un escocés que vivía en los suburbios de Nueva York; John Reid reunió en noviembre de 1888 a un grupo de seis golfistas interesados en la práctica habitual de este deporte y construyeron un campo que tenía un recorrido de seis hoyos, con una cuota de socio de cinco dólares al año, el *St. Andrew's Golf Club of Yonkers*. La popularidad del golf se difundió tan rápidamente que en 1900 había casi unos mil campos, muchos de ellos eran muy toscos, a menudo compuestos en unos cuantos hoyos colocados en tierras prácticamente inalteradas. Es en 1913 cuando el golf sale de los clubes privados para ocupar portadas en los periódicos y entra a formar parte de las vidas de los americanos, a raíz del enfrentamiento en el U.S. Open Championship de un joven *caddy* de humilde condición (Francis Quimet) con dos británicos “invasores” como Harry Vardon y Edward Ray (Tunis, 1940). Para el cambio de siglo, el golf se había propagado por todo el país, pero principalmente se estableció en las ciudades más ricas y prósperas de Estados Unidos, lo que refleja los orígenes elitistas del juego en este país. De hecho, el primer auge del golf en los EE.UU. (1920) se produce debido al interés de las clases más adineradas por la práctica de este deporte, “adoptándolo” y financiando la construcción de unas 4000 instalaciones durante una década. En 1931, el 80 % de los campos de golf existentes en el país eran clubes privados. El segundo auge de la construcción de campos de golf se produce después de la segunda guerra mundial, durante los sesenta, debido fundamentalmente al periodo de bonanza económica y a la aparición de los torneos de golf televisados. Ello dio lugar a la adición de unas 4500 instalaciones más. Pero lo más importante de este segundo auge del golf fue la democratización del juego; el interés de la clase media por el golf se produjo como consecuencia del aumento del tiempo libre y por las retransmisiones deportivas. La industria del golf respondió al interés de la clase media por este deporte construyendo miles de campos que fueron abiertos al público. (Adams & Rooney, 1985).

El golf es popular también en varios países de Europa Occidental, Canadá, Sudáfrica y Australia, y experimentó un marcado crecimiento en Japón después de la II Guerra Mundial, en 1945. Entre 1985 y 2002, el número de jugadores de golf en todo el mundo pasó de alrededor de 35 a 56 millones. Este gran aumento se dio en los países con mayor población y tradición golfista, como los EE.UU., Europa, Canadá y Japón (Fernandes, 2007).

Según Fernandes (2007), el *The Royal and Ancient Golf Club of St. Andrews*, junto con la United States Golf Association (USGA), son hoy en día las entidades reguladoras del golf en todo el mundo, compitiéndoles definir las reglas del juego, así como las especificaciones técnicas del equipamiento a ser utilizado por todos los jugadores.

### 1.2.1.2 – El caso de España

De acuerdo con Villar Lama (2008), el origen del golf en España está fuertemente vinculado a la llegada de empresas y comunidades anglosajonas al territorio nacional. En España, el golf aparece como actividad deportiva en las Minas de Río Tinto, con un campo de golf rústico, Corta Atalaya. Es el primer campo español, construido por la colonia británica de Minas de Río Tinto, la *Rio Tinto Company Limited*, que explotó la mina desde 1873 y creó en 1890 el *North Lode Golf Club* para el *staff* británico (Cámara de Valencia, 2010). Pero, la más temprana referencia que se hace en España sobre la práctica del golf data de 1891, cuando unos ciudadanos británicos fundaron una sociedad sobre un campo de golf que se construyó en Gran Canaria, concretamente en unos terrenos conocidos como “*El Lomo del Polvo*”, dándose origen a *Las Palmas Golf Club* (Huguet i Parellada, 1989). Se construye así el primer campo de golf formado como Club (Cámara de Valencia, 2010). Posteriormente, en 1957, abandonaron aquel emplazamiento para instalarse en el actual, en Bandama, originando el *Real Club de Golf de Las Palmas* (Huguet i Parellada, 1989). Para el mismo autor, en 1904 se crea en Madrid el *Madrid Polo Club* situado en el Hipódromo de la Castellana, pero diez años después se traslada a unos terrenos donados por Alfonso XIII recibiendo el nombre de *Real Club Puerta de Hierro*. Allí se empezaron a disputar las primeras competiciones en el territorio nacional.

Según Villar Lama (2008), en territorio andaluz el primer campo de golf se inauguró en 1925, el *Real Club de Campo de Málaga* y lo fomenta la familia Real Británica, concretamente la princesa Beatriz de Battenberg, madre de la reina de España Victoria Eugenia. Pero, años antes, en 1916, se fundaba en Huelva un campo de arena, el *Club de Golf de Huelva*, en los terrenos del actual estadio Colombino. En 1976 el club se traslada a Aljaraque y se constituye en el *Club de Golf Bellavista* hasta nuestros días.

Es en estos primeros años cuando el deporte del golf empieza a ser un juego de moda sobre todo entre las clases más acomodadas. De hecho, estos primeros campos se enclavan y son construidos cerca de las grandes ciudades y en los lugares de vacaciones donde la clase alta reside (Paniza Prados, 2005). En este contexto, Aymerich Consulting (1996) sugiere que en esta época el golf es entendido como una “religión”, no como un negocio. Los clubes son gestionados por los propios socios de manera amateur y no tienen ánimo de lucro, por lo que se mantienen dividiendo sus gastos entre los socios.

Hasta mediados del siglo XX, las crisis económicas, la guerra civil y la poca demanda frenaron la construcción de campos hasta que el desarrollo turístico los potencia desde los años sesenta en las zonas costeras mediterráneas, cantábricas y en el área metropolitana madrileña (Feo Parrondo, 2001). Es decir, en los años setenta, en paralelo al *boom* turístico, el golf pasa de considerarse una actividad deportiva a una actividad económica (Cámara de Valencia, 2010), según Aymerich Consulting (1996) debido principalmente a los siguientes motivos:

- La cuenca mediterránea y las Islas se consolidan como destinos internacionales de golf, fundamentalmente debido a la calidad de los campos de la Costa del Sol, Baleares y Canarias, y a su infraestructura turística. Este hecho hace que aumente la construcción de campos en esta zona para satisfacer la demanda de golf del turista.

- Los campos de golf suponen un incremento del valor de la zona donde se emplazan. Así se inicia la construcción de campos de golf ligados a instalaciones hoteleras y urbanizaciones.

- Surgen en España las grandes figuras del golf capitaneadas por Severiano Ballesteros, que consiguen llamar la atención de los medios de comunicación de masas por sus triunfos en los circuitos internacionales, incrementándose así la popularidad de este deporte en la sociedad española, lo que se tradujo inmediatamente en un aumento de jugadores federados.

La relevancia que el golf ha adquirido en España se puede mostrar desde diferentes criterios como son: el aumento de licencias federativas, el mayor número de campos de golf construidos y el incremento del número de turistas extranjeros (Portillo Yábar & Gallardo Guerrero, 2000).

### **1.2.2 – Turismo y golf**

Los países mediterráneos se han convertido en los años 90 del siglo pasado en el primer destino mundial del turismo internacional si bien van perdiendo peso relativo en función del surgimiento de nuevos destinos turísticos ubicados en el Caribe, Oceanía, América Latina y Asia (Salvà Tomàs, 1998). Aún así, el Mediterráneo figura actualmente entre los destinos con mayor capacidad de atracción a escala mundial, de manera que uno de cada tres turistas visita la región. Son el clima, el paisaje, el patrimonio histórico-cultural y sus costas los aspectos más valorados entre los turistas que hacia esta región se desplazan (GDT, 2008). Cabe destacar que una de las características del turismo mediterráneo es su alto índice de estacionalidad con las consecuencias económicas, laborales y sociales derivadas del mismo. Este factor se relaciona en el desarrollo de un modelo de turismo de “sol y playa”, relacionado con el clima mediterráneo como recurso de atracción. Sin embargo, las nuevas demandas turísticas implican el surgimiento de nuevas corrientes que exigen una mayor calidad en la gastronomía, aguas más limpias, aire más puro así como nuevas instalaciones en las que el deporte, el control de dietas y la tranquilidad son elementos básicos (Salvà Tomàs, 1998), haciendo del golf una opción de máximo interés para los destinos mediterráneos (GDT, 2008).



El turismo tiene una gran importancia en el mundo contemporáneo y representa tal vez el mayor movimiento de las poblaciones humanas fuera de tiempos de guerra (Crick, 1989). De acuerdo con Santamarta (2000), el turismo tiene efectos positivos, pero también negativos. Entre los positivos está la creación de empleo, el incremento de los ingresos económicos, el permitir mayores inversiones en la conservación de espacios naturales y mejora del nivel económico y sociocultural de la población local. Entre los efectos negativos, tan importantes como los positivos, está el incremento del consumo de suelo, agua y energía, la destrucción de paisajes al crear nuevas infraestructuras y edificios, el aumento de la producción de residuos y aguas residuales, y la alteración de los ecosistemas. Aunque el turismo tiene importantes impactos, en muchos casos éstos son inferiores a los de otras actividades económicas, como la minería, la industria forestal, los monocultivos agrícolas, la ganadería extensiva, los grandes embalses, la extracción de petróleo y carbón o las industrias contaminantes.

De acuerdo con Tous Zamora & Borrego Domínguez (2003), un aspecto interesante a destacar surge al relacionar turismo y deporte, debiendo atenderse en este caso a dos categorías turísticas específicas, como son las denominadas “deporte turístico” y “turismo deportivo”. Para Latiesa (2001), independientemente de que el deporte se subordine al turismo o el turismo al deporte, lo cierto es que para el consumidor de estos productos, no es lo mismo tener como objetivo principal hacer turismo que hacer deporte. En el primero caso el turismo constituye un complemento, en el segundo caso, es el motivo principal del viaje. Así, Latiesa *et al.* (2000) definen el “deporte turístico” como aquella actividad que se desarrolla en un lugar distinto de la residencia habitual y que tiene como objetivo principal la actividad deportiva (ejercicio y/o espectáculo) y como actividad complementaria la recreación turística. Ya Latiesa *et al.* (2002) definen el “turismo deportivo” como aquella actividad que se desarrolla en un lugar distinto de la residencia habitual y que tiene como objetivo principal la recreación turística y la actividad deportiva (ejercicio y/o espectáculo) como actividad complementaria u ocasional.

En este contexto, se considera “turismo de golf” al flujo de personas pernoctando fuera de su lugar habitual de residencia y motivados por el deseo de disfrutar de la práctica de golf o para asistir como espectadores a competiciones de golf (Amorós Bernabéu, 2003). Este concepto no engloba aquellos viajes realizados por personas con segundas residencias ya que, si bien juegan al golf, ésta no es la motivación principal por la cual realizan el viaje (Instituto de Turismo de España, 2004). El destino de golf es aquel que por sí solo es capaz de atraer “turismo de golf” y que agrupa 4 o 5 campos de golf a menos de 45 minutos por carretera de establecimientos de alojamiento de calidad, los cuales deben estar ubicados a menos de 90 minutos de un aeropuerto (IAGTO, 2009), o bien comunicados por vías férreas como el AVE (Feo Parrondo, 2001).

El mercado internacional de golf se compone de casi 59 millones de personas con 28,6 millones de golfistas en los EE.UU., 5,5 millones en Europa, 14 millones en Japón y 5,95 millones en Canadá. En base a estos datos, los golfistas son un nicho de

mercado importante que representa una oportunidad esencial para crecer y mantener las visitas a un destino, y generar ingresos sustanciales para el golf y el turismo de un país (Hennessey *et al.*, 2010).

Es indiscutible la importancia que el subsector turístico del golf ha adquirido para todos los países de la cuenca del Mediterráneo y, significativamente entre ellos, para España (GDT, 2008). Por ejemplo, Markwick (2000) señaló que algunas regiones del mundo, como es el caso del sur de Europa y el Mediterráneo, países como Chipre, Italia, Túnez, España, Portugal y Grecia, desarrollaron el golf como parte integrante de sus paquetes de viaje, existiendo en la actualidad una competencia feroz, siendo este deporte, en muchos casos, un producto estratégico para la sostenibilidad de las economías locales.

Conforme Tous Zamora & Borrego Domínguez (2003), las ventajas del desarrollo del “turismo de golf” se ponen de manifiesto de una forma clara y evidente al relacionar algunas de las principales características de este segmento del turismo, destacando entre otras:

a) Turismo generador de inversiones. No solo la realizada en los campos de golf, el material adecuado para el juego o gastos relacionados directamente con el deporte, sino todas las inversiones inducidas que provoca en complejos turísticos, urbanizaciones y servicios complementarios. Latiesa *et al.* (2001) afirman además que el jugador de golf casi nunca repite el mismo enclave turístico e intenta acudir a nuevos campos en cada visita con lo que contribuye a la desconcentración de la actividad turística.

b) Turismo compensador de la estacionalidad. Provoca un efecto desestacionalizador sobre la actividad turística, permitiendo la recuperación y aprovechamiento de los recursos en épocas de temporada baja para otros sectores. El clima de la región mediterránea permite atraer la demanda del extranjero en temporadas medias o bajas (Aranda López & Pineda Martínez, 2003), una vez que la temporada alta del “turismo de golf” en España es marzo, abril y octubre, que es muy diferente de la temporada alta tradicional del producto “sol y playa” (Instituto de Estudios Turísticos, 2002). Aún así, en el litoral mediterráneo se juega con escasas oscilaciones a lo largo del año (Comunitat Valenciana, 2010). Según Aranda López & Pineda Martínez (2003), la escasa oferta de campos de golf en Europa que permitan la práctica de este deporte a lo largo de todo el año, sitúa a España, y en concreto al Sur, en la zona más atractiva para el turista europeo.

c) Turismo de calidad. Es un turismo al que accede un segmento de población con un perfil socioeconómico de nivel medio alto, cuyo gasto medio diario es aproximadamente cinco veces superior al turista convencional. Es más, en los nueve días que permanece en España de media el turista extranjero de golf, combina el deporte con numerosas actividades que van desde el turismo de “sol y playa” hasta el turismo cultural, lo que permite potenciar su capacidad

diversificadora (Latiesa *et al.*, 2001), disfrutando también de una buena gastronomía, haciendo compras y realizando excursiones.

d) Turismo en crecimiento. Cada vez es mayor el número de seguidores de este juego, siendo numerosas las causas que lo provocan, como el contacto con la naturaleza, estar al alcance de las posibilidades físicas de casi toda la población, etc.

e) Turismo consecuente con la protección ambiental. Las posibilidades de crecimiento de este deporte parten necesariamente de un enfoque de respeto por el medio ambiente en la medida que asegura su supervivencia por los numerosos efectos benéficos sobre el entorno natural, en temas tan ampliamente comentados como recuperación de paisajes, protección de hábitats para especies animales y vegetales, utilización de aguas residuales, etc.

f) Mejora la imagen del destino. El golf se asocia a desarrollo, avance y modernidad (GDT, 2008).

Aún así, según Tous Zamora & Borrego Domínguez (2003), frente a estas ventajas existen una serie de factores adversos a tener en consideración y entre los que se destacan:

a) Escasez de suelo, debido a las condiciones particulares de los terrenos requeridos para la construcción de los campos de golf. No sólo se buscarán aquellos que resulten económicamente viables desde un punto de vista técnico, por su topografía y sus características geológicas, sino también adecuadamente situados, comunicados y dotados de las infraestructuras necesarias.

b) Escasez de agua, motivada por la climatología propia del área mediterránea. El uso del agua es el aspecto medioambiental más crítico con el que se enfrenta el golf en la cuenca mediterránea en la actualidad. Las instalaciones de golf podrían poner en práctica medidas efectivas para reducir las cantidades de agua utilizadas y salvaguardar la calidad de las aguas freáticas y subterráneas. Portillo Yábar & Gallardo Guerrero (2000) apuntaron que desde el punto de vista económico el “turismo de golf” es uno de los más rentables y de mayor calidad. Sin embargo, existe todavía un problema sin resolver que son las necesidades hídricas que requieren este tipo de complejos.

La Federación Andaluza de Hostelería (2006) señala que España presenta una posición de liderazgo en la recepción del “turismo de golf” procedente de Europa, debido a la consolidación de nuestra industria turística, diversidad y potencia de nuestros recursos turísticos, calidad y número de campos de golf, concentración en algunas zonas de una importante cantidad de campos, destacado papel de nuestros grandes jugadores profesionales y la celebración en nuestro país de grandes competiciones internacionales como la *Ryder Cup* en el año 1997. Ante esta perspectiva, Priestley (2006) considera que estos eventos internacionales, jugados en los

campos donde, además de la alta calidad, la dificultad es un desafío para los jugadores profesionales, promueven el país y la región donde se realizan, haciendo llegar el mensaje a millones de telespectadores, turistas y jugadores, a través de los canales normales de comunicación. El Instituto de Turismo de España (2004) refiere que en este atractivo mercado europeo, España goza de una cuota de mercado cercana al 35 %, muy por delante de Portugal que ocupa el segundo lugar (Comunitat Valenciana, 2010).

Según el Instituto de Estudios Turísticos (2002), los golfistas que visitan España para jugar al golf son muy aficionados dada su elevada frecuencia de juego (una media de unos 8 días al mes en su país de residencia). Buscan jugar en al menos 3 campos de golf distintos cuando viajan al extranjero y con una media de casi 6 “salidas” por viaje. El clima es el principal motivo a la hora de escoger España, además de su fácil acceso y el atractivo de la zona, mientras la hospitalidad y el entorno natural son los aspectos más valorados por los golfistas en España.

La calidad de las instalaciones de golf, la accesibilidad de los campos y el precio son también los factores que más valoran los turistas de golf europeos en la selección de sus destinos de golf (IAGTO, 2009).

Aranda López & Pineda Martínez (2003) mantienen que la nacionalidad que más escoge España como destino para practicar este deporte son alemanes, británicos y escandinavos. La edad media está entre los 46-60 años y son mayoritariamente hombres. Son profesionales cualificados como propietarios de empresa, gerentes y directivos, siendo que el tipo de alojamiento que suelen escoger para pasar sus vacaciones mientras practican el deporte del golf son hoteles o apartahoteles, normalmente de categoría superior.

El total de jugadores extranjeros que juegan al golf en España gastan de media 350 euros diarios. De este importe, entre 120 y 180 euros se destinan al alojamiento, comida, compras y otros servicios complementarios (Cámara de Valencia, 2010). Por otro lado, el KPMG (2008) refiere que el turista de golf realiza un gasto medio de 250 euros por día en un viaje de una semana. El 26 % de esta cantidad corresponde a actividades directamente relacionadas con el golf y el resto a los componentes del viaje. Además, para la región de Lisboa (Portugal), se estima que el gasto medio diario de los turistas de golf es de aproximadamente 260 euros (Moital & Dias, 2009). Pero, en España, con la crisis instalada, el menor gasto en destino, especialmente del turista extranjero, sigue afectando considerablemente a los resultados de las instalaciones de golf. El 93,3 % de los campos de golf experimentaron caídas interanuales de las ventas en el segundo trimestre de 2010 (Exceltur, 2010).

Con la ventaja de liderazgo, España necesita mejorar la calidad de los procesos, de los servicios, de los campos y reforzar los esfuerzos en promoción y comercialización. Las principales debilidades son la saturación y la rivalidad entre campos. Se debe profesionalizar más el sector y mejorar la imagen de calidad de los campos. El posible aumento de la presión ecologista y el descontrol de la oferta son las principales amenazas (Instituto de Estudios Turísticos, 2002).

### 1.2.3 – El campo de golf

Un campo de golf es diferente de otros campos de deporte. Canchas de baloncesto y campos de fútbol son siempre iguales en cualquier sitio en términos de dimensiones, solo variando algo la calidad del piso. Sin embargo, cada campo de golf tiene un diseño diferente, aunque los hoyos de golf tienen algunas características comunes (The PGA of America, 2004). De acuerdo con Paniza Prados (2005), los campos de golf de hoy en día son construidos en lugares muy diferentes de los primitivos; se construyen en montañas, llanuras, desiertos, valles, en el campo, en la ciudad, exigiendo drenajes y sofisticados sistemas de riego, debido a la falta de humedad mínima exigida por la vegetación, ahora sembrada. Y van desde un humilde campo rústico hasta el sofisticado *resort* de golf, con toda su industria de servicios residenciales, gastronómicos y de ocio. Hay pocos deportes donde el carácter del lugar de juego sea tan importante para la práctica de éste. En el golf el participante está compitiendo simultáneamente consigo mismo y con las dificultades cambiantes del campo, ya que las situaciones con las que se enfrenta el golfista en cada golpe son diferentes. Para Fernández de Caleyá Blankemeyer (1997), los campos de golf en la actualidad constan generalmente de 9 o 18 hoyos.

Al comienzo del juego, cada jugador debe recoger una tarjeta de puntuación que proporciona información acerca de la longitud de cada hoyo y el *par*. *Par* es la puntuación media establecida para un hoyo que representa un nivel de excelencia que los jugadores intentan cumplir. El *par* se determina por la longitud de cada hoyo específico (The PGA of America, 2004). Fernández de Caleyá Blankemeyer (1997) indica que el número ideal de golpes “*par* del campo” para recorrer los 18 hoyos es de 72, aunque todos los campos tienen un grado de dificultad asignado (*Standard Scratch Score*), pudiendo el *par* cambiar en función de las dificultades que tenga el campo.

Según Espejo Marín & Cànoves Valiente (2011), el diseño de campos de golf en España tiene en el ahorro de agua uno de sus ejes fundamentales, motivado por la escasez de este recurso y por su elevado coste. La instalación de una buena red de riego, la disponibilidad de una estación meteorológica y el uso de programas informáticos adecuados son los pilares de la eficiencia en el consumo de agua en un campo de golf.

#### 1.2.3.1 – Clasificación de los campos de golf

No existe una norma específica en la que se establezca una clasificación de campos de golf. Por tanto, las diferentes clasificaciones que se ofrecen a continuación no son rígidas.

### 1.2.3.1.1 – En función de las características del campo

Según la Real Federación Española de Golf y Consejo Superior de Deportes (2003) éste es el criterio utilizado por la Real Federación Española de Golf, quien establece los requisitos para homologar los campos. En este sentido, la primera diferenciación que hemos de realizar es la existente entre los campos de golf homologados y los no homologados.

#### • Campos de golf homologados

Son los campos que cumplen con los requisitos de longitud en los hoyos del campo, establecidos por la Real Federación Española de Golf. Son los siguientes:

- Campos de 9 hoyos: requieren poco espacio (30 hectáreas aproximadamente), por lo que son muy habituales en pequeñas poblaciones o como complemento de otras instalaciones turísticas y/o deportivas.

- Campos de 18 hoyos: precisan de una ubicación cercana a una población suficientemente grande, con capacidad de proporcionar el número de socios o jugadores necesarios para asegurar su rentabilidad. Tienen una longitud comprendida entre 5800 y 6700 metros y una superficie de 45-90 hectáreas. La longitud de los otros campos son combinaciones de estos campos (múltiplos o submúltiplos de 18 hoyos).

- Campos de 27 hoyos: contienen los dos anteriores (9 + 18) y son apropiados para la organización de eventos deportivos, ya que permiten jugar a los socios de forma paralela al desarrollo de las competiciones.

Junto a esta clasificación, en lo que respecta a las longitudes requeridas en los hoyos para los campos homologados, la USGA ha establecido las siguientes directrices para cálculo del *par* (The PGA of America, 2004):

<i>Par</i>	Hombres (yardas)	Señoras (yardas)
3	Hasta 250	Hasta 210
4	251 a 470	211 a 400
5	471 a 690	401 a 590
6	Más que 690	Más que 590

#### • Campos de golf no homologados

Son aquellos en los que los hoyos no cumplen con los requisitos de longitud necesaria para ser homologados por la Real Federación Española de Golf. Esta categoría queda constituida por los siguientes tipos de campos:

- Campos de golf rústicos: sus características más destacables son la tierra (su principal componente), el hallarse ubicados en terrenos rústicos y el respeto máximo a las características del entorno paisajístico. No obstante, es necesario indicar la existencia, aunque excepcional, de campos de golf rústicos homologados.

- Campos de *par* 3: son campos de hoyos cortos, generalmente 18 hoyos, aunque también los hay de 9. Son campos tradicionales en cuanto al aspecto que presentan, pero con longitudes menores a las requeridas para los campos homologados (entre 90 y 180 metros).

- *Pitch & putt*: variedad del campo de *par* 3 en los que las salidas se pueden realizar desde una superficie artificial. La longitud de estos campos está comprendida entre 720 y 2160 metros, siendo la longitud entre hoyos de 40 a 120 metros (GDT, 2008).

- Canchas de golf: son campos de prácticas, cuyo reducido espacio hace posible su ubicación dentro de las ciudades.

Para finalizar con esta clasificación, citamos algunas cifras relativas a los campos de golf en España. Según la Real Federación Española de Golf (2013), en el año 2011 había 592 entidades federadas, de las cuales 352 correspondían a campos de golf homologados y 130 a entidades sin campo. Asimismo se contabilizaban 20 campos rústicos, 21 campos de *par* 3, 31 *pitch & putt* y 38 canchas.

#### 1.2.3.1.2 – En función del propósito de su construcción

Desde el momento de su planificación, los campos de golf se crean con un objetivo de público específico, ya que tanto las características del campo, como su gestión y sus objetivos comerciales definen el tipo de usuario. Podemos hablar de los siguientes tipos de campos:

- **Campos de golf destinados a la práctica del deporte**

Conforme Tous Zamora & Borrego Domínguez (2003), su público lo constituyen básicamente jugadores, ofertándoles la posibilidad de jugar al golf. No están necesariamente vinculados a otro tipo de instalaciones, negocios, complejos residenciales o turísticos. Dependiendo del espíritu con que se concibió, del origen de la financiación para su construcción, así como de su forma de gestión y explotación, podremos hablar de campos de golf privados, públicos, comerciales o mixtos.

- **Campos de golf asociados a proyectos inmobiliarios**

Tous Zamora & Borrego Domínguez (2003) los definen como aquel campo que está pensado como punto de atracción para el éxito del negocio inmobiliario, convirtiéndose en el centro de urbanizaciones particulares construidas alrededor. El inicial propietario del campo suele ser la sociedad promotora que, en principio, para obtener ingresos adicionales y como forma de promoción, posibilita el juego del público en general. Lo normal en estos casos es que, una vez finalizada la venta de viviendas, la propiedad del campo quede en mano de los compradores, pasando a ser de uso restringido. Generalmente son privados y están asociados a un turismo residencial que en el caso de Andalucía tiene una demanda extranjera, principalmente Británica, y en el ámbito nacional de la Comunidad de Madrid (Priestley & Sabí Bonastre, 1995).

- **Campos de golf asociados a complejos turísticos (*resorts*)**

Aún según Tous Zamora & Borrego Domínguez (2003) se trata de ofrecer a los jugadores una oferta sólida y completa de alojamiento, de juego y otras instalaciones complementarias, para lo que se crea un complejo hotelero y deportivo como centro de vacaciones (*resorts*). La vistosidad del campo, recorridos con interés y esmerado mantenimiento son condiciones necesarias para estos campos. Comprende como mínimo un alojamiento hotelero y un campo de golf; aunque lo habitual es que la oferta se complemente con más campos de golf y otras instalaciones deportivas, centros de salud, restauración, entretenimiento, etc. (Priestley & Sabí Bonastre, 1995).

### **1.2.3.1.3 – En función del acceso de usuarios**

Otro criterio utilizado habitualmente para la clasificación de un campo de golf es el de la titularidad, ya que es ésta la que limita el acceso a las instalaciones. Así, basándonos en Vera *et al.* (1998), los campos de golf se pueden dividir en:

- **Campos de golf privados o societarios**

En su fórmula de gestión, el socio es el principal y único partícipe de las instalaciones. Estos campos se caracterizan por ser de uso exclusivo, limitado y diferenciado entre los que son socios y los que no lo son. Se trata de un modelo de explotación privada, en que el campo se encuentra al servicio absoluto del socio (Aranda López & Pineda Martínez, 2003). Tienen como fin la práctica de golf desde una perspectiva deportiva y social (GDT, 2008), no tienen ánimo de lucro (Vera *et al.*, 1998), se elaboran sus propias normas internas y son campos de acceso muy restringido.



- **Campos de golf públicos o comerciales**

Según Aranda López & Pineda Martínez (2003) utilizan un sistema de explotación de las instalaciones en el que el acceso y el uso de las mismas está abierto a cualquier tipo de usuarios e interesados en la práctica del golf, sin restricciones, con la única condición del pago de las tarifas (*green fee*) correspondientes que les permiten acceder y hacer uso de las instalaciones. Al no tener un acceso restringido, presentan una gran capacidad para atraer turistas, siendo éste el modelo que más impacto ha tenido en las zonas turísticas de la costa española. Son sociedades con ánimo de lucro (Vera *et al.*, 1998) y, por tanto, tienen como fin la práctica del golf fundamentada en la intensidad de uso y mayor número de repeticiones (GDT, 2008).

- **Campos de golf mixtos**

Aranda López & Pineda Martínez (2003) los definen como un modelo que es un híbrido de los dos anteriores, y presentan un carácter privado y comercial, que busca el mejor aprovechamiento de las instalaciones. En estos campos de golf jugarán tanto el socio como el usuario libre, combinando un uso público y privado. En ellos los socios, sujetos a cuotas de adhesión, disfrutan de un trato preferente en la utilización de las instalaciones y los servicios, mientras que los jugadores no asociados deben pagar unas tarifas (*green fee*) superiores por este uso. La principal desventaja de este modelo es que, para conseguir unos objetivos tan amplios de público, requiere una gran inversión en instalaciones y personal.

- **Campos de golf municipales o populares**

Paniza Prados (2005) asegura que este tipo de campos son muy poco numerosos en España. Generalmente están subvencionados de alguna forma por entidades públicas (municipios o comunidades) y proporcionan golf a precios muy asequibles para todos los públicos. Ya Vera *et al.* (1998) señalaron que el acceso es libre para cualquier deportista, tienen escasa o nula orientación turística y es la forma más adecuada para la popularización de este deporte.

### 1.2.3.2 – Partes de un campo de golf

De acuerdo con Gómez-Lama *et al.* (1994), en un campo de golf de 18 hoyos se distinguen las siguientes partes:

#### 1.2.3.2.1 – Tee

Según The PGA of America (2004), cada hoyo se inicia a partir de un punto de salida llamado *teeing ground* (o *tee*). El suelo del *tee* se define como un área rectangular de dos palos de ancho (Paniza Prados, 2005), de una superficie de alrededor de 100 m<sup>2</sup>, lo que permitirá realizar las reparaciones (resiembras de restauración) sin necesidad de suspender el juego (García-Verdugo Rodríguez & Monje Jiménez, 1997). Normalmente está señalizado por barras pintadas de diferentes colores, según sea el jugador profesional (blanco), caballero (amarilla) o dama (rojo).

Las especies *Agrostis stolonifera* L. y *Lolium perenne* L. son los céspedes de estación fría comúnmente utilizados en los *tees* de las regiones climáticas frías. Por otro lado, *Cynodon* spp. es la especie de césped de estación cálida más ampliamente utilizado en los *tees* de las regiones climáticas cálidas (Beard, 2002). La altura de corte de este césped oscila entre los 6 y 15 mm (García-Verdugo Rodríguez & Monje Jiménez, 1997).

#### 1.2.3.2.2 – Green y antegreen

La The PGA of America (2004) establece que cada hoyo termina en un *putting green* (o *green*). Se denomina *green* al área de césped que se encuentra en torno al agujero, señalado con una bandera, y que está especialmente acondicionada para el *putt*, el golpe con el que se intenta introducir la bola en el hoyo, haciéndola rodar sin que se levante del piso.

En cualquier campo de golf, la demanda de césped de calidad es mayor en los *greens* (Harivandi *et al.*, 2007). A lo largo de las regiones de zona templada y de transición del mundo, los mejores *greens* están sembrados con cultivares de *Agrostis stolonifera*, que varían en color desde amarillo-verdoso a verde oscuro y azul oscuro (Turgeon, 1996; Christians, 2004). El deterioro de los *greens* de *Agrostis stolonifera* en verano es un problema común y es en gran parte una respuesta a los estreses ambientales y mecánicos (Dernoeden, 2002; Fry & Huang, 2004).

Los *greens* de los campos de golf normalmente son contruidos con mezclas de alto contenido de arena en la zona radicular (> 80 % en volumen) para resistir a la compactación y mantener el drenaje (USGA, 1993; Murphy *et al.*, 2005), siendo la turba ampliamente utilizada como una enmienda orgánica a la arena (Kussow, 1987; McCoy, 1992). En comparación con suelos de textura fina, los *greens* con textura gruesa con 80-85 % de arena y 15-20 % de turba (Marjamäki & Pietola, 2007), son menos sensibles a la compactación del suelo (Håkansson, 2005). Los céspedes son, sin

embargo, sometidos a presión intensiva de tráfico vehicular y peatonal, y alguna compactación del suelo es posible (Pietola *et al.*, 2005). Sistemas radiculares en *greens* bajo condiciones de compactación pueden ser susceptibles a sufrir una aireación deficiente (Grable, 1966).

Aunque los céspedes de estación cálida en general son más tolerantes al desgaste que los de estación fría (Youngner, 1961), cortes cortos (< 10 mm) y frecuentes (5 veces por semana) de los *greens* (Carrow, 1980), además del desgaste y compactación, generalmente disminuyen el crecimiento de tallos y el enraizamiento (Madison, 1962a; Carrow, 1980; O'Neil & Carrow, 1982; O'Neil & Carrow, 1983; Sills & Carrow, 1983).

La altura de corte muy baja [entre 2,5 y 4 mm (García-Verdugo Rodríguez & Monje Jiménez, 1997)] y la uniformidad de la superficie de este césped son factores que influyen decisivamente en la rodadura de la bola, de modo que, para que nada obstaculice ni modifique la trayectoria dada por el jugador a la bola, el corte del *green* debe ser perfecto y estar siempre en condiciones óptimas. Puesto que los *greens* son mantenidos a alturas extremadamente bajas, los *greenkeepers* de campos de golf se enfrentan la difícil tarea de producir un césped de alta calidad, tolerante al estrés, con un *putting* de aceptable distancia de rodadura de la bola o *speed* (Salaiz *et al.*, 1995).

Alturas de corte muy bajas también reducen el crecimiento de raíces de *Agrostis stolonifera* (Madison, 1962; Beard & Daniel, 1965; Salaiz *et al.*, 1995) y aumentan la susceptibilidad del césped al estrés por temperatura y agua (Madison, 1962). Por lo tanto, la gestión cuidadosa del agua, incluyendo la observación del césped en busca de indicios de estrés hídrico y haciendo ajustes en las prácticas de riego en respuesta al estrés hídrico, es muy importante cuando *Agrostis stolonifera* crece en condiciones cálidas y húmedas. Para lograr esto, los *greenkeepers* han recurrido al riego diario de los *greens* combinado con riego manual de las zonas secas y un remojado de la parte aérea de la planta durante el período más caluroso del día para reducir la temperatura. Sin embargo, excesivo riego también puede ser perjudicial para el césped de *Agrostis stolonifera* y puede conducir al aumento de la incidencia de enfermedades, la formación de algas y la acumulación de *thatch* (Jordan *et al.*, 2003). Períodos prolongados de alta humedad del suelo reducen el número y la profundidad de las raíces (Madison & Hagan, 1962) mientras que aumenta el consumo total de agua (Jordan *et al.*, 2003).

El hoyo tiene que ser de cuatro pulgadas y cuarto de diámetro y al menos de cuatro pulgadas de profundidad (Paniza Prados, 2005). Para la colocación de la bandera existen unas recomendaciones de la USGA (Bengeyfield, 1989). Estas indican que se debe colocar a cinco pasos del borde (4,60 m) de los *greens*. Si además tenemos una pendiente fuerte que separa el *green* por planos, debemos separarnos de estas pendientes 0,90 m. No existe una regla fija sobre la pendiente ni sobre la superficie que debe ocupar el *green*, por lo que éstas varían en función del diseño. No obstante, García-Verdugo Rodríguez & Monje Jiménez (1997) mencionan que en lo relativo a la superficie, en función de la intensidad de uso, su desgaste y el tiempo necesario para su recuperación, puede estimarse una superficie mínima necesaria entre los 300 y 500 m<sup>2</sup>.

El *green* suele estar rodeado de uno o dos escalones de césped de diferente ancho cada uno (entre 50 cm a 1 m), con una altura de corte superior al del *green* (de 6 a 15 mm), denominado *antegreen* (García-Verdugo Rodríguez & Monje Jiménez, 1997).

#### 1.2.3.2.3 – *Fairway*

Es la zona, entre el *tee* de salida y el *green*, en la que aterriza la bola. Consiste en toda la superficie del recorrido, excepto el *tee* y el *green* del hoyo en juego, y todos los obstáculos del campo (The PGA of America, 2004). También se la denomina *calle*, por su superficie en forma de una calle o pasillo, delimitado a los lados por otro tipo de vegetación. La calle constituye la mayor parte del terreno de juego y representa normalmente hasta un 90 % de la superficie verde (Gómez-Lama *et al.*, 1994).

Los céspedes del *fairway* son cortados relativamente bajos para alcanzar una densidad, firmeza y uniformidad requerida. La altura de corte preferida es inferior a 20 mm, oscilando de 10 a 32 mm, dependiendo de la especie de césped, del suelo, del clima, del presupuesto y de la preferencia de los golfistas involucrados. En cuanto a la anchura, ésta varía a lo largo del *fairway*, entre los 23 y los 55 metros, con la norma de 32 metros (Beard, 2002). La longitud, que para Fernández de Caleyá Blankemeyer (1997) oscila entre los 100 y los 500 metros, depende de la distancia de separación entre hoyos y ésta, a su vez, está condicionada por otros factores como el terreno, las pendientes, la existencia de arbolado, etc.

Las especies de césped utilizadas para *fairways* varían según el clima. La mayoría de los *fairways* de las regiones climáticas frías se siembran y mantienen como polifitas, a excepción de *Agrostis stolonifera*. Aquí, las principales especies utilizadas son *Lolium perenne*, *Festuca rubra* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Poa annua* L. var. *reptans* Hausskn. y *Agrostis stolonifera*. La mayoría de los céspedes utilizados en *fairways* en las regiones de clima cálido son sembrados y mantenidos como monofitas debido al vigoroso hábito de crecimiento lateral de sus tallos. El principal césped de estación cálida es *Cynodon* spp. Hasta cierto punto, *Zoysia* spp. se utiliza en el clima húmedo de transición, mientras *Paspalum vaginatum* Sw. y *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. pueden ser utilizados en nichos climáticos específicos (Beard, 2002).

Estos tres tramos que podemos encontrar en un hoyo van a estar claramente diferenciados, bien por las especies de césped que allí se implantan y/o por la altura de corte de las mismas. Adicionalmente, Carrow & Petrovic (1992) refieren que los *greens* y *fairways* son sometidos a estreses de tráfico, con el desgaste y la compactación a ser dos de los componentes más comunes.

#### 1.2.3.2.4 – *Rough* y *semirough*

El *rough* es la zona inmediatamente colindante con los elementos anteriormente descritos (*greens*, *tees* y *fairways*) y que Gómez-Lama *et al.* (1994) consideran constituir el entorno del desarrollo del juego. En lo relativo al juego, es la zona en la que se penalizan los golpes desviados. En cuanto a su aspecto, se caracteriza por la altura de corte de hierba, el más alto de todos los céspedes, según García-Verdugo Rodríguez & Monje Jiménez (1997) superior a 40 mm. Estas características en cuanto a aspecto y funcionalidad en el juego permiten la existencia de *roughs* sembrados y de *roughs* naturales, formados por especies pertenecientes a la vegetación propia de la zona, que para Gómez-Lama *et al.* (1994) probablemente tendrá menos necesidades de cuidados.

En relación con la superficie total de un campo de golf, el *rough* es el elemento que mayor extensión ocupa (en ocasiones hasta un 70 %) (Beard, 2002). Es uno de los elementos que más dotan de contrastes y de personalidad al campo, ya que la variedad de plantas que podemos encontrar origina también una gran diversidad en su aspecto.

El *semirough* es la zona intermedia entre el *fairway* y el *rough*, con una altura de corte que es intermedia entre ambos elementos [entre 15 y 40 mm según García-Verdugo Rodríguez & Monje Jiménez (1997)]. También suele estar formado por especies de hierba sin grandes necesidades en cuanto al mantenimiento.

#### 1.2.3.2.5 – *Bunker*

Son las trampas de arena que encontramos en los recorridos, siendo una parte integral de la estrategia de golf, de la estética y del mantenimiento del campo. Los *bunkers* se utilizan para definir la línea de juego, para crear desafío y para imponer una sanción a los jugadores que golpean sin puntería (Beard, 2002). Generalmente se ubican en una depresión del terreno y deberían ser siempre visibles desde el *tee*, para que en función de su posición y tamaño el jugador pueda evaluar sus posibilidades de juego.

#### 1.2.3.2.6 – Obstáculos de agua y árboles

Son elementos que contribuyen a embellecer el campo en su aspecto paisajístico, al proporcionar contraste y colorido, a la vez que repercuten en la dificultad del juego.

- **Obstáculos de agua**

Pueden ser lagos, estanques o cualquier otro tipo de cauce abierto de agua. Están delimitados por estacas amarillas y líneas que definen sus márgenes.

Según Beard (2002) pueden tener diversas funciones, tales como (a) en la estrategia de juego, (b) belleza estética, (c) hábitat de vida silvestre, (d) la fuente primaria de agua para el riego, (e) un depósito para el agua ser bombeada desde un pozo o abastecimiento municipal en situaciones donde la tasa de suministro de agua no cumple con la tasa de demanda de agua del sistema de riego, (f) una salida para las aguas superficiales y de drenaje subterráneo, y (g) un centro de retención de agua para control de inundaciones y disminución de la contaminación.

- **Árboles**

Las especies que podemos observar son muy variadas; algunos campos contienen hasta un centenar de especies distintas de árboles y arbustos. No obstante, existen también campos en los que la presencia de árboles es escasísima, lo que puede estar motivado por las propias características del terreno, pero también puede ser intencionado, ya que un importante sector entre los aficionados a este deporte opina que el golf es exclusivamente un juego de grandes espacios abiertos. Sin embargo, citando Beard (2002), los árboles son características normales de los alrededores en la mayoría de las áreas donde se desarrolla el juego. Un campo de golf donde los árboles son escasos o inexistentes puede parecer curiosamente estéril y muchos golfistas piensan que están privados de los considerables beneficios que los árboles y plantas ornamentales brindan. Adecuadamente elegidos y situados los árboles desempeñan cinco diferentes funciones: (a) arquitectónicas, (b) estéticas, incluyendo barreras de sonido, (c) medioambientales, incluyendo barreras contra el viento, (d) seguridad, y (e) económicas.

### **1.2.3.3 – Importancia de los céspedes**

Los céspedes aumentan el valor estético y ambiental del paisaje, y proporcionan vegetación recreativa, control de erosión y otros beneficios ecológicos, cuando se han establecido conscientemente (Croce *et al.*, 2001). Los céspedes contribuyen al secuestro del carbono en el suelo (Qian & Follett, 2002; Bandaranayake *et al.*, 2003) y para mejorar la infiltración de agua en comparación con el suelo desnudo (Milesi *et al.*, 2005). Sin embargo, el césped también se ha relacionado con una serie de impactos ambientales negativos. A menudo representan un peligro ambiental cuando se realiza un uso inadecuado de los pesticidas y fertilizantes (Robbins *et al.*, 2001; Robbins &

Birkenholtz, 2003). Debido a las preocupaciones sobre la disponibilidad de agua y potenciales consecuencias ambientales adversas con origen en los *inputs* de la gestión de céspedes, en Florida (EE.UU.) ciertas agencias gubernamentales ya han propuesto o promulgado normas para reducir las zonas verdes de césped, reducción de subsidios de riego, control de aplicaciones de fertilizantes. A la luz de las continuas preocupaciones sobre los impactos ambientales de los céspedes, la industria del césped ha desarrollado sistemas de gestión que requieren menos insumos. Una eficiente mejora de los recursos de céspedes, el aumento del uso de aguas residuales, y nuevos agroquímicos aplicados a tasas más bajas de sustancia activa y con menos frecuencia, se han combinado con programas tradicionales, como el manejo integrado de plagas y las mejores prácticas de manejo para proporcionar una ruta hacia el objetivo de la real sostenibilidad del césped (Cisar, 2004). Según Cisar (2004), los céspedes que requieren reducidos *inputs* son de gran importancia para la sostenibilidad de los céspedes. Aunque existen especies que necesitan menos *inputs*, tales como la de estación cálida *Paspalum notatum* Flueggé y la de estación fría *Festuca longifolia* Auct. non Thuill., a menudo están limitadas en el uso o en la aceptación debido a la falta de capacidad de rendimiento.

El éxito en el manejo de un césped comienza con la selección de una especie y cultivares adaptados a las amplias fluctuaciones del clima mediterráneo (Busey, 2003). Croce *et al.* (2001) afirmaron que existe un continuo debate entre los especialistas acerca de la selección de la especie a utilizar en condiciones mediterráneas. Por causa de sus condiciones climáticas, las regiones mediterráneas se consideran como zonas de transición. Debido a la sequía del verano y las altas temperaturas, así como las bajas temperaturas en invierno, es de enorme importancia la adecuada selección del césped y de su apropiado medio de crecimiento (Croce *et al.*, 2001).

Los céspedes de estación fría son normalmente utilizados en las regiones mediterráneas. Son especies C<sub>3</sub>, en que su adaptación preferencial son los ambientes frescos y húmedos (Romani *et al.*, 2002), como *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra* (Volterrani *et al.*, 1997; Geren *et al.*, 2009) y *Agrostis stolonifera* (Romani *et al.*, 2002). Los cultivares de estos céspedes son los genotipos dominantes utilizados para la implantación de céspedes en los países de la cuenca del mediterráneo (Veronesi *et al.*, 1997; Russi *et al.*, 2001; Martiniello, 2005). El límite de utilización de todas estas especies está representado por el calor del verano y por el estrés hídrico, condiciones estas que se producen en las zonas mediterráneas (Panella, 1981). Por otro lado, las escasas lluvias de verano de las regiones mediterráneas, junto con el limitado suministro de agua, dictan la necesidad de utilizar los céspedes de estación cálida con baja tasa de uso del agua y propiedades tolerantes a la sequía (Croce *et al.*, 2003). Es decir, especies C<sub>4</sub> que se caracterizan por una buena capacidad de crecimiento a altas temperaturas y por la parada vegetativa con las bajas temperaturas (Panella, 1981). Según Croce *et al.* (2003), estas especies podrían ser utilizadas más ampliamente cuando se le da mayor importancia a la estrategia de conservación del agua. Entre los céspedes de estación cálida, la bermuda [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] parece ser la más

interesante donde las características climáticas son poco adecuadas para céspedes de estación fría (Romani *et al.*, 2002).

Croce *et al.* (2001) y Kir *et al.* (2010) afirmaron que el principal factor que ha contribuido para que los céspedes de estación fría hayan sido las especies mas utilizadas en el clima mediterráneo ha sido la rápida disponibilidad de semillas en el mercado, originarias del norte de Europa. La superior calidad de las especies de estación cálida utilizadas en los campos de golf se verificó a través de la propagación vegetativa (Beard, 1973). La falta de fuentes vegetativas fácilmente disponibles en las regiones mediterráneas fue uno de los factores que contribuyó a la preferencia del uso de céspedes sembrados en lugar de beneficiarse de las especies-cultivares híbridas de propagación vegetativa mejoradas genéticamente (Patton *et al.*, 2004). Otra objeción a los céspedes de estación cálida que ocurre generalmente en la región del Mediterráneo es la falta de color verde durante el período de letargo invernal, en comparación con los céspedes de estación fría (Croce *et al.*, 2001; Geren *et al.*, 2009; Kir *et al.*, 2010). Aún así, esto puede ser contrarrestado con un programa de resiembra de invierno en aquellas zonas donde se desea que los céspedes estén verdes en el invierno, como son los campos de golf (Beard, 1973; Beard, 1982).

Martiniello & D'Andrea (2006) recomendaron que la elección de la especie requiere la evaluación en campo de los genotipos en lugares con un clima mediterráneo, para evaluar el comportamiento de los cultivares durante el período de crecimiento.

#### **1.2.3.4 – Características de los céspedes**

Las especies que se utilizan como céspedes deportivos se incluyen dentro de la familia botánica de las gramíneas (Familia *Poaceae*). Es una familia sumamente amplia, con 650 géneros y más de 9000 especies que se reparten por todos los ecosistemas del planeta (García-Verdugo Rodríguez & Monje Jiménez, 1997). A pesar de esta amplia variedad, tan sólo aproximadamente una veintena son capaces de tolerar las condiciones que impone el uso deportivo y de responder a las necesidades que exigen estos céspedes. En conformidad con Gibeault (1973), cada especie de césped tiene ciertos requerimientos ambientales para su adecuado crecimiento y desarrollo.

Como refieren Harivandi *et al.* (1984), para seleccionar adecuadamente la especie de césped es necesario conocer la finalidad de uso, las condiciones edafoclimáticas donde se establecerá y que apariencia y nivel de mantenimiento se le exigirá. Debido a que cada especie de césped tiene características buenas y malas, hay que conocer las fortalezas y debilidades de cada una de las especies con el fin de elegir la que mejor se adapta a una situación particular.



Las especies destinadas a formar céspedes en campos de golf deben poseer alta densidad de hojas y tallos muy finos, ser preferiblemente estoloníferas y rizomatosas, con un sistema radicular fuerte que posibilite un buen anclaje al suelo, poseer gran capacidad de rebrote, ser resistentes al pisoteo, a la invasión por otras especies y a los cortes bajos y frecuentes, lo cual permitirá conseguir un césped denso y un cubrimiento casi perfecto de la superficie, además deben ser especies que se adapten al clima y a las condiciones impuestas por el suelo, de forma tal que resistan a las prácticas de manejo (Hernández *et al.*, 2007). Hurdzan (1996) mencionó también que deben tener un color verde intenso y ser resistentes a las plagas y enfermedades.

#### **1.2.3.5 – Principales especies formadoras de céspedes**

Las especies que se utilizan en los céspedes son seleccionadas principalmente por la cualidad que éstas pueden ofrecer, ya sea cualidad visual (uniformidad, forma de crecimiento, color, densidad, textura, suavidad, etc.) o cualidad funcional (elasticidad, rigidez, desarrollo, capacidad de recuperación, color, resiliencia, resistencias o tolerancias, adaptación a la siega, tendencia a formar colchón, etc.), por la persistencia que pueda tener en el terreno y por el tiempo de establecimiento. Esta selección va a estar limitada de alguna forma por la adaptación al clima que las especies poseen, por lo que se pueden encontrar especies de estación fría y especies de estación cálida (García-Verdugo Rodríguez & Monje Jiménez, 1997).

##### **1.2.3.5.1 – Especies de estación fría**

Las especies de estación fría incluyen plantas de la subfamilia *Festucoideae* de la familia *Poaceae* (*Gramineae*). Se encuentran ampliamente distribuidas por todos los climas fríos húmedos, fríos subhúmedos y fríos semiáridos, y también se extienden en las zonas de transición. La mayoría de los céspedes de estación fría tienen su origen en los bosques de toda Eurasia (Beard, 1973). Son plantas C<sub>3</sub> porque la fijación de carbono, en la fotosíntesis, se produce principalmente a través del Ciclo de Calvin (C<sub>3</sub>) (Turgeon, 1996). Sin embargo, es normal utilizar plantas C<sub>3</sub> de estaciones frías para céspedes en muchos países que rodean el norte del Mar Mediterráneo. La mayoría de estas cultivares de céspedes son importados del norte de Europa, especialmente de Reino Unido, Países Bajos y Alemania (Croce *et al.*, 2003).

Entre los céspedes de estación fría que se utilizan en los campos de golf destacan las especies *Agrostis stolonifera*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra* y *Lolium perenne*.

El estrés a la alta temperatura es uno de los principales factores ambientales que limitan el uso de céspedes de estación fría durante los meses de verano en las regiones climáticas de transición y cálidas (Beard & Daniel, 1965; Carrow, 1996b; Beard, 1997; Xu & Huang, 2000; Xu & Huang, 2001; Rachmilevitch *et al.*, 2006; Rachmilevitch *et al.*, 2006a). Según DiPaola (1992), la producción de biomasa de los céspedes de estación fría con frecuencia disminuye con el aumento de las temperaturas y la muerte de la planta puede producirse a temperaturas superiores a 30 °C.

Las temperaturas óptimas para el crecimiento de tallos y raíces de los céspedes de estación fría son de 10 a 24 °C (Paulsen, 1994): los rangos son de 15 a 24 °C para el crecimiento de tallos y de 10 a 18 °C para el crecimiento de las raíces (Beard, 1973). Sin embargo, Huang & Gao (2000) y Liu *et al.* (2002) señalaron que la temperatura del aire y del suelo a menudo superan los rangos óptimos por períodos prolongados durante el verano en las regiones climáticas de transición y cálidas. Baker & Jung (1968), Duff & Beard (1974), Wehner & Watschke (1981) y Martin & Wehner (1987) demostraron que la inhibición del crecimiento, e incluso la muerte, puede ocurrir a temperaturas por encima de las óptimas en muchas especies de céspedes de estación fría; aún así, las diferentes especies y variedades difieren en su sensibilidad a las altas temperaturas (Rachmilevitch *et al.*, 2006a).

Xu & Huang (2001a) concluyeron de sus ensayos que la alta temperatura del suelo es un factor muy importante que limita el crecimiento de los céspedes de estación fría. Paulsen (1994) comprobó que las temperaturas del suelo con frecuencia alcanzan altos niveles perjudiciales durante el verano, lo que influye fuertemente tanto en el crecimiento de tallos como de raíces y en la supervivencia de la planta entera. Estudios previos han sugerido que la alta temperatura del suelo es más perjudicial que la elevada temperatura del aire, sobre todo para el crecimiento de la raíz (Skene, 1975; Aldous & Kaufmann, 1979; Kuroyanagi & Paulsen, 1988; Ramcharan *et al.*, 1991; Xu & Huang, 2000; Xu & Huang, 2000a; Xu & Huang, 2001). Las numerosas funciones de las raíces, incluyendo la absorción de agua y nutrientes y la síntesis y translocación de hormonas como la citocinina y ácido abscísico, son muy sensibles al estrés por calor (McMichael & Burke, 1999). La temperatura del suelo o la temperatura de la cubierta del césped se pueden reducir de 2 a 5 °C a través de prácticas rutinarias de gestión, tales como el uso de ventiladores (Taylor *et al.*, 1993; Taylor, 1995), un mojado de la superficie (DiPaola, 1984; Carrow, 1996b), el aumento de altura de corte (Beard & Sifers, 1997) y el enfriamiento del subsuelo y la ventilación (Trusty & Trusty, 1998; Camberato *et al.*, 1999; Dodd *et al.*, 1999). Sin embargo, la reducción de la temperatura del suelo no es práctica en los *greens* y puede ser muy costosa (Xu & Huang, 2001a; Xu *et al.*, 2003). En verano, un exceso de agua en el suelo y un elevado *thatch* pueden acumular más temperatura y mantenerla por un período de tiempo más largo que un suelo seco. Esto se debe al mayor calor específico del agua, que es responsable de un cambio lento en la

temperatura del agua del suelo (Fu & Dernoeden, 2009). Así, la temperatura nocturna del suelo con frecuencia es superior que la temperatura del aire, especialmente cuando los suelos están húmedos (Xu *et al.*, 2003). La reducción de la temperatura del suelo durante la noche puede ser más fácil y más económicamente viable que durante el día, porque la temperatura nocturna no es afectada por la radiación solar. La disminución en el número total de raíces y en la longitud promedio a altas temperaturas del suelo reduce el acceso de la planta al agua y nutrientes del suelo (Jordan *et al.*, 2003). Además, las raíces muertas sirven como fuente de alimento para los microbios del suelo, lo que resulta en aumento de la respiración (Kuzakov *et al.*, 2001) y reduce las concentraciones de oxígeno. Tanto la temperatura alta del suelo (Beard & Daniel, 1965; Huang & Xu, 2000; Xu & Huang, 2000; Xu & Huang, 2000a) como la baja aireación del suelo (Huang *et al.* 1998b) disminuyen el crecimiento de la raíz y aumentan su mortalidad.

Por último señalar que los céspedes de estación fría normalmente no pierden su color verde a menos que la temperatura media del aire sea inferior a 0 °C durante un período prolongado; vuelven a quedarse verde de nuevo tan pronto como la temperatura sube por encima de cero y no suelen normalmente ser dañados por las temperaturas bajo cero (Harivandi *et al.*, 1984).

#### 1.2.3.5.2 – Especies de estación cálida

Turgeon (1996) define un césped de estación cálida como una especie adaptada a temperaturas cálidas (27 a 35 °C) durante la estación de crecimiento; incluye especies de las subfamilias *Eragrostoideae* y *Panicoideae* de la familia *Poaceae* (*Gramineae*). Los céspedes de estación cálida se encuentran ampliamente distribuidos en todos los climas cálidos húmedos, cálidos subhúmedos y cálidos semiáridos, además se utilizan en diversos grados en las zonas de transición (Beard, 1973). Por el contrario, no soportan bien los climas con las heladas largas e intensas, ya que, pese a que muchas especies no llegan a morir, sino que sus raíces siguen vivas y permanecen en letargo, sus hojas se vuelven marrones. En las plantas de la subfamilia *Eragrostoideae*, la fijación de carbono, en la fotosíntesis, se produce principalmente a través de la vía C<sub>4</sub> (Turgeon, 1996).

Los céspedes de estación cálida presentan varias ventajas. Permiten una reducción en el consumo de agua (Biran *et al.*, 1981; Kneebone & Pepper, 1982; Kim & Beard, 1988; Kenna & Horst, 1993), presentan una mayor resistencia a la sequía (Beard, 1989; Dudeck *et al.*, 1993; Marcum *et al.*, 1995), toleran mayores concentraciones de salinidad del agua y suelo (Francois, 1988) y presentan excelentes propiedades de recuperación gracias a la abundancia de estolones y rizomas (Volterrani *et al.*, 1997).

Entre los céspedes de estación cálida, se destaca la especie *Cynodon*, que según Beard (1973) es un miembro de la subfamilia *Eragrostoideae* y tiene sus orígenes centrados alrededor del Océano Índico, que van desde el este de África a las Indias Orientales. Caracterizase por una superior resistencia a la sequía y evitar la deshidratación, lo cual está relacionado con su extenso y profundo sistema radicular (Beard, 1989; Beard & Sifers, 1997a).

Durante el invierno y en las estaciones intermedias los céspedes de estación fría pueden encontrar buenas condiciones de crecimiento, pero en verano, sin riego, se secan completamente, mientras que los céspedes de estación cálida pueden dar céspedes de calidad con riego mínimo. Además, la alta tolerancia a la sal de la mayoría de los céspedes de estación cálida permite establecer el césped en el medio ambiente costero donde alto contenido de sal en el suelo y/o agua es un factor limitante para los céspedes de estación fría (Dudeck & Peacock, 1985; Francois, 1988; Dudeck *et al.*, 1993).

Sin embargo, Volterrani *et al.* (2001) han señalado que en los países del sur de Europa el uso de césped de estación cálida es aún limitado debido principalmente a la pérdida de clorofila durante los meses más fríos del año. En general, pierden su color verde y están latentes en invierno si la temperatura media del aire desciende por debajo de 10 a 15 °C. Harivandi *et al.* (1984) demostraron que algunas especies pueden morir si se exponen a temperaturas bajo cero durante largos períodos. Volterrani *et al.* (1997) señalaron que el color castaño puede durar desde menos de un mes hasta 5-6 meses, dependiendo de las especies, cultivar y de la temperatura. Aún según Volterrani *et al.* (2001), la resiembra de invierno con céspedes de estación fría podría ser una solución a los problemas estéticos y funcionales. Schmidt & Shoulders (1972), Razmjoo *et al.* (1996) y Turgeon (2002) mencionan que en las zonas de transición de los EE.UU., los céspedes de estación cálida son comúnmente resembrados en el otoño con céspedes de estación fría, para proporcionar un césped con vida y color durante el invierno, mejorar la superficie de juego, proteger las especies latentes contra las temperaturas bajas y reducir los daños causados por tráfico. Sin embargo, siempre existe la opción de convertir un césped marrón en "verde" mediante la aplicación de colorantes (tintes sintéticos para césped) en céspedes muertos o latentes. Algunos colorantes pueden proporcionar una apariencia aceptable hasta 10 semanas (Harivandi & Gibeault, 1990).

#### **1.2.3.5.3 – Principales especies de céspedes en los campos de golf de la España mediterránea**

Desde un punto de vista climático, España puede ser considerada una región de transición. Aquí, los céspedes se establecen generalmente con especies de estación fría; la extensión del cultivo de céspedes de estación cálida en áreas más al norte está limitada por el riesgo de muerte en invierno y por otro lado, el establecimiento con éxito

de tales especies en el sur está limitado por la inactividad invernal. Según Bourgoïn *et al.* (1985), la amplitud del período de latencia se ve influenciada por la latitud, especies y fenómenos climáticos del año, y puede ser insignificante en algunos casos.

Vamos a concentrarnos sobre cinco especies que se utilizan generalmente en los campos de golf de la España Mediterránea: *Agrostis stolonifera*, *Cynodon dactylon*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra* y *Lolium perenne*.

#### • *Agrostis stolonifera* (Agrostis)

*Agrostis stolonifera* es una gramínea perenne de estación fría ampliamente utilizada como césped en los campos de golf en las zonas de transición y en las zonas climáticas frescas, y es sensible a las altas temperaturas (DiPaola, 1992; Huang & Gao, 2000; Liu & Huang, 2002). La textura fina de la hoja y las consistentes características de deslizamiento de la bola hacen de este césped la primera superficie en *greens* de campos de golf (Hutto *et al.*, 2006). Jordan *et al.* (2003) señaló que cuando es mantenida adecuadamente, proporciona una superficie de césped de alta calidad para *greens* de campos de golf.

La alta temperatura es un factor muy importante que disminuí la calidad del césped y limita el crecimiento de tallos y de raíces de *Agrostis stolonifera* durante el verano en el clima cálido y en las regiones de transición. En estas áreas, las raíces con frecuencia están expuestas a temperaturas del suelo supra-óptimas, que pueden alcanzar altos niveles perjudiciales y afectan profundamente el crecimiento de tallos e incluso a la supervivencia de *Agrostis stolonifera* (Beard & Daniel, 1965; Minner *et al.*, 1983; Lucas, 1995; Carrow, 1996b; Beard, 1997; Engelke, 1998; Huang & Gao, 2000; Xu & Huang, 2000; Xu & Huang, 2000a; Xu & Huang, 2001). Xu & Huang (2000) demostraron que la exposición de las raíces de *Agrostis stolonifera* a las altas temperaturas (35 °C), mientras se mantenían los tallos en el nivel óptimo (20 °C), causa graves daños tanto en los tallos como en el crecimiento de raíces. Por el contrario, manteniendo las raíces a la temperatura óptima, mientras exponiendo los tallos a las altas temperaturas, mejora el crecimiento de tallos y raíces a un nivel cercano a las plantas en que los tallos y las raíces se cultivaron a la temperatura óptima. Temperaturas supra-óptimas reducen la tasa fotosintética de la hoja, aumentan la respiración de tallos y raíces, disminuyen el contenido total de carbohidratos no estructurales en los tallos y las raíces, e inhiben la distribución de carbono a las raíces de *Agrostis stolonifera* (Huang *et al.*, 1998a; Xu & Huang, 2000; Xu & Huang, 2000a; Liu *et al.*, 2002). Krans & Johnson (1974) observaron clorosis en *Agrostis stolonifera* después de unos pocos días de exposición a altas temperaturas, desde 35 a 45 °C. Huang *et al.* (1998a) y Huang *et al.* (1998b) demostraron una severa reducción en el crecimiento de tallos y raíces y en la capacidad fotosintética de *Agrostis stolonifera* a 35 °C. Paulsen (1994) puso de relieve que la fotosíntesis es extremadamente sensible a la temperatura por encima de las óptimas y es a menudo el primero proceso metabólico que se daña. Nilsen & Orcutt (1996) demostraron que la temperatura óptima para la fotosíntesis es menor que para la

respiración. Por lo tanto, las altas temperaturas pueden causar un desequilibrio entre la fotosíntesis y los procesos de respiración y el agotamiento de los hidratos de carbono, en particular para *Agrostis stolonifera* que se corta todos los días a baja altura. El corte bajo cuando la temperatura es elevada durante el verano impone un estrés adicional en el césped por la eliminación de grandes cantidades de área foliar que se utilizan para la fotosíntesis, mientras que la respiración continúa (Huang *et al.*, 1998a). Por tanto, según Huang (2001), bajo condiciones frescas, *Agrostis stolonifera* puede mantener un equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración, manteniendo así un adecuado almacenamiento de carbohidratos. Sin embargo, a temperaturas altas la tasa fotosintética disminuye y la tasa respiratoria aumenta.

La altura de corte típico de un *green* de *Agrostis stolonifera* es de aproximadamente 4 mm (Liu & Huang, 2002). Según Beard & Daniel (1965) y Beard (1973), la reducción de altura de corte para aumentar la velocidad en el *green* es una práctica común, pero puede aumentar la susceptibilidad del césped a los estreses ambientales, incluyendo el estrés hídrico y por calor. Numerosas investigaciones han encontrado que el corte bajo reduce la calidad del césped y el crecimiento de *Agrostis stolonifera*, especialmente durante el verano (Salaiz *et al.*, 1995; Carrow, 1996b; Beard 1997; Huang *et al.*, 1998a).

Si la temperatura supra-óptima es considerado el principal factor ambiental que causa el deterioro o la muerte de *Agrostis stolonifera* en el verano, muchos otros factores pueden también estar implicados (Beard & Daniel, 1965; Huang *et al.*, 1998a; Xu & Huang, 2000; Xu & Huang, 2000a; Xu & Huang, 2001), incluyendo factores abióticos tales como alta humedad relativa, excesiva humedad del suelo, escaso movimiento de aire y pobre aireación del suelo, y factores bióticos tales como enfermedades (Huang, 2001).

La magnitud de la disminución de la calidad en el verano o la tolerancia al calor de *Agrostis stolonifera* varía según las variedades y puede implicar cambios en los diferentes factores morfológicos y fisiológicos (Wu & Huff, 1983; Beard, 1999; Huang & Gao, 2000; Xu & Huang, 2000a). Hutto *et al.* (2006) señalaron que incluso con el desarrollo de cultivares tolerantes al calor, los estreses por calor y sequía siguen siendo una preocupación muy importante.

*Agrostis stolonifera* es agresivamente estolonífera y produce un *thatch* bien definido y una capa de *mat* en la superficie del suelo (Fu & Dernoeden, 2009a). El *thatch* es una capa fuertemente entremezclada formada principalmente de tallos horizontales (estolones y rizomas), nódulos, tejido de la corona, rastros, hojas y raíces vivos y muertos, que se desarrolla entre la vegetación del césped del *green* y la superficie del suelo (Engel, 1954; Roberts & Bredakis, 1960; Beard, 1973; Hurto *et al.*, 1980; Turgeon, 2002; McCarty *et al.*, 2007). La acumulación de *thatch* se produce cuando la tasa de producción de materia orgánica de césped excede la tasa de descomposición (Beard, 1973). En este sentido Hurto *et al.* (1980) afirmaron que cualquier factor climático, edáfico o biótico que estimule el crecimiento excesivo de

plantas o afecte la descomposición de materia orgánica contribuye al desarrollo del *thatch*. La acumulación de *thatch-mat* puede tener una multitud de efectos negativos en los céspedes (Murray & Juska, 1977; Murphy *et al.*, 1993; McCarty, 2001; McCarty *et al.*, 2007). Algunos autores como Callahan *et al.* (1998), McCarty *et al.* (2007) y Carley *et al.* (2011) han destacado que un excesivo *thatch* limita la permeabilidad, representando uno de los problemas más difíciles de solucionar en los *greens*. Un excesivo *thatch* ( $> 2,54$  cm) está asociado a efectos negativos de tipos físicos y biológicos en el perfil del suelo, ya que puede dar lugar al escalpe, reduce la conductividad hidráulica, disminuye la infiltración de agua en condiciones de humedad, proporciona resistencia hidrofóbica a la humectación del suelo cuando está seco, aumentando las manchas secas localizadas, crea un entorno más favorable para las plagas y enfermedades, reduce la eficacia de los pesticidas y la tolerancia del césped a temperaturas extremas (Beard, 1973; Shildrick, 1985; Baker *et al.*, 1995; Turgeon, 2002; McCarty *et al.*, 2005; McCarty *et al.*, 2007), además de influir en la calidad del juego a través de sus efectos sobre el deslizamiento de la bola en el *green* (Shildrick, 1985). No obstante, una cantidad adecuada de *thatch* ( $\leq 1,3$  cm) es normalmente deseable en los *greens*, ya que proporciona cierta resiliencia al césped, actúa como un amortiguador para moderar las temperaturas extremas del suelo, reduce la invasión de malas hierbas y aumenta la tolerancia al desgaste (Butler, 1965; Beard, 1973; Berndt, 2008). El *mat* es una capa de color marrón fuertemente entremezclada de *thatch* combinado con la capa superior del suelo (McCarty, 2001) y se forma cuando el *thatch* es lento a descomponerse después de un recebado de arena (McCarty *et al.*, 2007).

- ***Cynodon dactylon* (Bermuda)**

*Cynodon dactylon*, una planta perenne de larga duración (Burton *et al.*, 1954), es la especie de estación cálida más ampliamente utilizada para céspedes de campos de golf, ya sea la especie en si o el híbrido *C. dactylon* (L.) Pers. x *C. transvaalensis* Burtt-Davy, en las zonas tropicales, subtropicales y de transición del mundo (Beard, 1973; Etemadi *et al.*, 2005; Richardson *et al.*, 2007), donde crece mejor bajo períodos prolongados de altas temperaturas (Youngner *et al.*, 1972), pero con mala tolerancia a bajas temperaturas (Burton *et al.*, 1954). Su crecimiento lateral se lleva a cabo tanto por estolones como por rizomas (Turgeon, 1996). Aunque limitada a las regiones climáticas más cálidas, probablemente posee las mejores características generales de césped para uso en *fairways* (Beard, 1982).

La temperatura mínima de crecimiento y desarrollo de *Cynodon dactylon* es aproximadamente 10 °C y la temperatura óptima es alrededor de 32 °C. No obstante, se ha detectado un crecimiento significativo a temperaturas tan altas como 43 °C (Youngner *et al.*, 1972). Los estudios realizados por Youngner (1959) ponen de manifiesto que temperaturas medias por debajo de 10 °C en presencia de altas intensidades de luz se traducirá en el paro de crecimiento y en el comienzo de la coloración típica de invierno. La temperatura del suelo, aunque influenciada por la

temperatura del aire, también ha demostrado ser importante para el crecimiento de estolones, rizomas y raíces de *Cynodon dactylon*. En este sentido, Youngner *et al.* (1972) afirmaron que la temperatura óptima del suelo para el crecimiento de raíces es alrededor de 27 °C.

La duración del día también se ha observado que influye en el crecimiento y desarrollo del *Cynodon dactylon* (Youngner *et al.*, 1972). El aumento de la duración del día se traduce en un aumento de la producción de rizomas, estolones y crecimiento de las hojas. Por esta razón se considera una especie que tiene alta necesidad de luz y no va a crecer bien en bajas condiciones de intensidad de luz (sombra) (Burton & Deal, 1962).

A pesar de que el *Cynodon dactylon* posee muchas características deseables, tales como su capacidad para responder bien al manejo y formar un césped denso, de textura fina (Cattani *et al.*, 1996), buena tolerancia al desgaste (Beard, 1982), alto potencial de recuperación (Karcher *et al.*, 2005), excelente tolerancia al estrés por calor y sequía (Burton *et al.*, 1954), resistencia a la salinidad (Etemadi *et al.*, 2005) y amplia resistencia a plagas, la especie se decolora y experimenta un largo período de latencia invernal (Richardson *et al.*, 2007) en las condiciones mediterráneas. Debido a este período de latencia prolongado, el *Cynodon dactylon* es con frecuencia sembrado con un césped de estación fría para proporcionar una superficie verde de crecimiento activo en el invierno y comienzos de primavera (Schmidt & Shoulders, 1977; Dudeck & Peacock, 1981). Los programas de resiembra se ven afectados por una serie de decisiones de gestión, tales como técnicas de propagación, gestión de fertilizantes y agua, prácticas de corte y manejo de plagas (Kneebone & Major, 1969; Johnson, 1976; Mazur & Wagner, 1987; Mazur & Rice, 1999; Horgan & Yelverton, 2001). Una amplia gama de céspedes ha sido utilizada con éxito para la resiembra, incluyendo *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Lolium intermediate*, *Poa trivialis* y *Festuca* spp. (Kneebone & Major, 1969; Ward *et al.*, 1974; Schmidt & Shoulders, 1977; Richardson, 2004). *Agrostis stolonifera* se ha utilizado para la resiembra en áreas de nicho, como *greens* cortados muy bajo (Ward *et al.*, 1974), pero no han sido bien aceptada para uso en la resiembra de los *fairways* y *tees* (Richardson *et al.*, 2007).

Una seria limitación al *Cynodon dactylon* sembrado, especialmente en las zonas de transición, es un gran potencial para una muerte invernal en el año de su establecimiento. La supervivencia al invierno es una cuestión importante en éstas regiones, con diferencias entre cultivares (Anderson *et al.*, 1993; Shashikumar & Nus, 1993), manejo de la fertilidad (Reeves *et al.*, 1970) y la fisiología subyacente asociada con la tolerancia al frío (Dunn & Nelson, 1974; Samala *et al.* 1998). Un factor de importancia crítica es el grado de crecimiento que se produce antes de que el césped entre en el primer periodo de latencia de su vida (Richardson *et al.*, 2004).

Aunque *Cynodon dactylon* es considerada como una especie tolerante a la sequía, se requiere una adecuada humedad del suelo para lograr la apariencia deseada. Por el contrario, también va a tolerar inundaciones temporales, pero no prospera en suelos encharcados (Youngner *et al.*, 1972).



Beard (1973) describió que su hábito de crecimiento postrado hace que sea muy tolerable a cortes muy cortos, y cortando con frecuencia mantiene una buena calidad y evita el *scalping*. La altura típica de corte oscila entre 13 y 26 mm (Duble, 1996). En general, las variedades que se cortan muy corto requieren una mayor frecuencia de corte que las que mantienen una altura de corte más alta (Youngner *et al.*, 1972).

• ***Festuca arundinacea* (*Festuca alta*)**

*Festuca arundinacea* es una especie hexaploide bivalente con un amplio campo de distribución desde el norte de África hasta el norte de Europa (Borril *et al.*, 1976).

La *Festuca arundinacea* tiene una mejor resistencia a la sequía (Sheffer *et al.*, 1987; Carrow, 1996; Huang & Fry, 1998; Huang *et al.*, 1998) y tolerancia al calor que otros céspedes de estación fría de uso común (Beard, 1973). No obstante, la combinación del estrés térmico e hídrico pueden ser más perjudiciales para la *Festuca arundinacea* que cualquiera estrés por sí solo (Jiang & Huang, 2001; Jiang & Huang, 2001a). Sin embargo, bajo condiciones de suelo bien regado, tiene una tasa de ET superior comparada con la mayoría de los céspedes de estación fría (Fry & Huang, 2004). En otras palabras, a pesar de que la *Festuca arundinacea* sea tolerante a la sequía, tiene una alta capacidad de consumir agua (Watschke & Schmidt, 1992). Dentro de la especie *Festuca arundinacea*, los cultivares también varían en resistencia a la sequía (White *et al.*, 1993; Carrow, 1996). Tanto intra como interespecíficas variaciones de resistencia a la sequía de los céspedes se han atribuido principalmente a las diferencias en la densidad total de raíces y su profundidad (Youngner *et al.*, 1981; Beard, 1989; White *et al.*, 1993; Marcum *et al.*, 1995; Carrow, 1996a; Huang & Fry, 1998). Carrow (1996), Huang & Fry (1998), Huang *et al.* (1998) y Fu *et al.* (2007) demostraron que la *Festuca arundinacea* tiene un extenso y profundo sistema radicular. Experimentos realizados por Stoneman *et al.* (1994) han mostrado que el desarrollo de un extenso sistema radicular es beneficioso para la absorción de agua, pero requiere una gran cantidad de inversión en carbono, y que en condiciones de estrés hídrico, la tasa de fotosíntesis con frecuencia es limitada.

La evaporación o transpiración aumentan a medida que aumenta el área superficial. Con una mayor altura de corte y cantidad de crecimiento de la parte aérea se puede esperar que aumente el uso del agua (Kneebone *et al.*, 1992). Biran *et al.* (1981) constataron que el aumento de la altura de corte de 3 a 6 cm aumentó el uso del agua durante un período de 6 semanas en un 29 % para la variedad “Alta”.

• ***Festuca rubra* (*Festuca rubra*)**

*Festuca rubra* es una especie perenne de estación fría, hexaploide, altamente auto-estéril, mayoritariamente de polinización cruzada, que se extiende por las regiones geográficas templadas en todo el mundo (Barnes, 1990; Jauhar, 1993), donde forma un

césped moderadamente denso (Hitchcock & Cronquist, 1973; Hallsten *et al.*, 1987; Gleason & Cronquist, 1991). Esta especie puede propagarse por fuertes rizomas; sin rizomas forma únicamente inflorescencias y produce semillas, pudiendo también comportarse como intermedia, es decir, formando rizomas cortos (Smoliak *et al.*, 1981; Lackschewitz, 1991).

Es una especie que tolera algo el encharcamiento y crece bien bajo riego (Walsh, 1995). Puede crecer en suelos de arcilla, limo y arenosos siempre que la humedad sea adecuada. También es capaz de soportar algo de sequía. Es algo tolerante a la salinidad (Smoliak *et al.*, 1981) y no es tolerante a la sombra (Walsh, 1995).

Resiembras puras de *Festuca rubra* no compiten con las infestaciones de *Poa annua* así como *Lolium perenne* (Bingham *et al.*, 1969; Menn & McBee, 1971) y no proporcionan un césped de invierno satisfactorio en las superficies cortadas a menos de 12 mm (Schmidt & Shoulders, 1977). Mezclas de *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea* y *Festuca ovina* son utilizadas en *tees*, *fairways* y *roughs*.

- ***Lolium perenne* (Raygrass)**

*Lolium perenne* es generalmente considerada como una planta perenne de vida corta, sin embargo, puede persistir indefinidamente si no se somete a un estrés extremo de altas o bajas temperaturas, o sequía. Forma un césped de textura media, de buena densidad y uniformidad (Beard, 1973) y es especialmente popular en céspedes cortados más alto, tal como *fairways* (Schmidt & Shoulders, 1977) y *tees*. Esta especie ha sido mejorada considerablemente a través de técnicas tradicionales de reproducción para características tales como color, densidad, calidad de corte y resistencia a enfermedades (Richardson *et al.*, 2007).

Esta especie tiene varios usos debido a un amplio rango de adaptabilidad. Uno de esos usos, mencionado tanto por Beard (1973), Schmidt & Shoulders (1977), Turgeon (1996) y Richardson *et al.* (2007) es la resiembra de los céspedes de estación cálida latentes, tales como *Cynodon dactylon*, para mejorar la calidad durante el invierno, principalmente por el color. Según Beard (1973), el *Lolium perenne* se establece con rapidez y proporciona una superficie de color verde uniforme en el período de invierno cuando sembrado a altas dosis. Duble (1996) sugiere que el rápido establecimiento a partir de siembra hace al *Lolium perenne* ideal para proporcionar color verde temporal durante los meses de invierno, cuando el *Cynodon dactylon* está latente. Sin embargo, aumentos en la tolerancia al calor, tolerancia a la sequía y resistencia a las enfermedades de cultivares mejorados han hecho de *Lolium perenne* una mala hierba problemática después de la resiembra, ya que es muy persistente y no se comporta como anual en los climas cálidos y en las zonas de transición (Horgan & Yelverton, 2001). La persistencia de *Lolium perenne* ha incrementado el uso de especies alternativas, tales como *Lolium intermedium* (*Lolium perenne* L. x *Lolium multiflorum* Lam.) (Schmitz, 1999; Richardson, 2004).

El *Lolium perenne* tiene una tolerancia intermedia a la sequía (Watschke & Schmidt, 1992). Biran *et al.* (1981) demostraron que incrementando la altura de corte de 3 a 6 cm aumentó el consumo del agua durante un período de 6 semanas en un 25 % para la variedad “Pennfine”. Se la considera una especie con tolerancia media a la salinidad (Beard, 1973), existiendo importantes diferencias entre cultivares (Humphreys, 1981). Tiene una aceptable tolerancia a la sombra (Wood, 1969; Beard, 1973; Harivandi *et al.*, 1984) existiendo igualmente diferencias entre cultivares (Wood, 1969; Smalley, 1981; Wu *et al.*, 1985). Su muerte ocurre entre 47-49 °C (DiPaola & Beard, 1992).

### 1.3 – EL AGUA EN LOS CÉSPEDES DEPORTIVOS

#### 1.3.1 – Consumo de agua de los campos de golf en España

Según la Real Federación Española de Golf (2013), a finales de 2009 había en España 416 campos de golf (Tabla 1). Andalucía, con 102 campos, cuenta con el 24,52 % del total; a bastante distancia se sitúa Cataluña (46 campos; 11,06 %), Castilla y León (37 campos; 8,89 %), Comunidad Valenciana (33 campos; 7,93 %) y Madrid (32 campos; 7,69 %). Las regiones mediterráneas concentran cerca de la mitad del total.

**Tabla 1** – Evolución del número de campos de golf en España.

	Año 2003	Año 2009	Incremento (número)	Incremento (%)
Andalucía	75	102	27	36,00
Cataluña	40	46	6	15,00
Castilla y León	26	37	11	42,31
Comunidad Valenciana	21	33	12	57,14
Madrid	26	32	6	23,08
Canarias	15	23	8	53,33
Galicia	13	23	10	76,92
Baleares	18	21	3	16,67
Múrcia	5	18	13	260,00
Castilla-La Mancha	14	17	3	21,43
Asturias	10	16	6	60,00
País Vasco	9	13	4	44,44
Cantabria	10	11	1	10,00
Aragón	7	10	3	42,86
Extremadura	3	6	3	100,00
Navarra	3	4	1	33,33
La Rioja	1	3	2	200,00
Melilla	-	1	1	-
Total	296	416	120	40,54

Si se relaciona el golf con el recurso agua, se da una de las grandes paradojas de este deporte en España: las regiones con mayores déficits y problemas hídricos aglutinan el mayor número de campos de golf, debido al desarrollo del turismo y la segunda residencia en general, favorecido por la bondad del clima durante casi todo el año, la proximidad del mar y la presencia e importancia del eje territorial mediterráneo, marco de grandes operaciones turísticas y residenciales (Villar Lama, 2008).

Rodríguez Díaz *et al.* (2007) señalaron que en muchos países donde los recursos hídricos son escasos, existe la percepción que regar los campos de golf provoca una extracción adicional significativa y que esto tiene un grave impacto en el medio ambiente y otros extractores habituales, entre ellos la agricultura de regadío. Al igual que en muchos países mediterráneos, los recursos hídricos en España también son limitados.

En algunas provincias costeras (principalmente en el sur-este) ya hay problemas recurrentes en el suministro de agua, especialmente durante los meses de verano cuando la máxima demanda para el turismo coincide con la de riego agrícola y de golf (Kent *et al.*, 2002; De Stefano, 2004). Es evidente que, en un país donde los recursos hídricos ya están limitados, la creciente demanda de riego para el desarrollo de campos de golf conjuntamente con la continua expansión del sector turístico aumentará la presión sobre los ya limitados suministros y tiene implicaciones en las asignaciones de agua para el riego agrícola (Rodríguez Díaz *et al.*, 2007). La amenaza a largo plazo del cambio climático con la probabilidad de veranos mucho más secos y sequías más frecuentes sólo agravaría la situación actual (Oficina Española de Cambio Climático, 2005).

Según Rodríguez Díaz *et al.* (2007), no hay prácticamente ninguna información publicada relacionada con el uso del agua de riego dentro del sector del golf en España. Los resultados del trabajo llevado a cabo por Rodríguez Díaz *et al.* (2007) muestran que el volumen de agua utilizado para el riego de campos de golf en España es extremadamente pequeño en comparación con el riego agrícola. La agricultura de regadío utiliza tres cuartas partes (77 %) de todas las extracciones de agua dulce, con el suministro público de agua (15,5 %) e industria (6,8 %), contabilizando la mayor parte del resto, sobrando unos 0,7 % onde se incluye, entre otras actividades, el consumo hecho por el golf (Instituto Nacional de Estadística, 2001). Además, una parte significativa del agua utilizado para el riego de campos de golf proviene de la reutilización de aguas residuales (41 %) y la desalinización (7 %), más que de la extracción directa que hace la competencia a la agricultura. La productividad económica media del agua utilizada para el golf, estimada en alrededor de 9 €/m<sup>3</sup> en beneficios directos (inscripciones) y 28 €/m<sup>3</sup> si se incluyen los beneficios de la industria del turismo, es muy superior incluso que los cultivos agrícolas de alto valor. Estos resultados sugieren que regar los campos de golf para propósitos de turismo es un uso del agua económicamente racional en España (Rodríguez Díaz *et al.*, 2007).

Como se mencionó con anterioridad, los campos de golf típicamente constan de 18 hoyos, aunque otros múltiplos de 9 pueden ocurrir. En cada hoyo, cuatro áreas se pueden diferenciar: *tees*, *greens*, *fairways* y *rough*. En España la mayoría de los campos de golf riegan las cuatro partes constituyentes. Esto está en contraste con la práctica en países de clima más templado, como Inglaterra, donde típicamente sólo los *tees* y los *greens* son de regadío (Weatherhead *et al.*, 2006). Aunque hay grandes diferencias observadas entre campos de golf individuales, la superficie media regada por campo se estima en 34,2 hectáreas. Los *greens* y los *tees* representan sólo el 11 % de la superficie total regada. Asumiendo que el número de campos de golf federados en España, totalmente regados a 1 de enero de 2011 era de 422 (Cetengolf, 2011), la superficie total de regadío para el golf en España se puede estimar en 14432 hectáreas. Esto es insignificante en comparación con la agricultura de regadío, que abarca más de 3,3 millones de hectáreas (Del Campo, 2002).

Aunque la mayoría de los campos de golf están concentrados a lo largo de la costa mediterránea donde el clima no varía mucho, existe una gran variabilidad en el consumo de agua de riego, fluctuando entre 2000 y 17000 m<sup>3</sup>/ha. Excluidas las Islas Canarias, los campos de golf presentan un consumo medio de 280440 m<sup>3</sup>, lo que implica una demanda media de agua de 8200 m<sup>3</sup>/ha por campo (Rodríguez Díaz *et al.*, 2007). Esto es consistente con las estimaciones de Sanz-Magallón (2005) y Morell (2002), de 7563 y 8000 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente.

Según Rodríguez Díaz *et al.* (2007), añadiendo las Islas Canarias con el resto de España da un total estimado de 85,1 millones de m<sup>3</sup> de agua de riego consumida por los campos de golf. En comparación con los 17,7 billones de m<sup>3</sup> de agua consumida por la agricultura de riego a nivel nacional en 1999 (Instituto Nacional de Estadística, 2001), esta cifra es muy baja (~0,5 %). En términos absolutos, los campos de golf representan una demanda hídrica de 120 hm<sup>3</sup>, inferior al 1 % de la demanda hídrica total (Instituto Nacional de Estadística, 2008). Por tanto, el consumo de agua de los campos de golf en España es poco significativo, pero la concentración de campos de golf en determinadas zonas, ya de por sí deficitarias en recursos hídricos, podría implicar problemas locales de sostenibilidad de los mismos (Rodríguez Díaz *et al.*, 2007).

Finalmente, Rodríguez Díaz *et al.* (2007) resaltan que los campos de golf pueden tener posibilidades para mejorar la eficiencia del agua. A pesar de que la mayoría de los sistemas de riego tiene menos de cinco años de edad y 50 % de los campos de golf tienen su propia estación meteorológica, más del 50 % de los *greenkeepers* informó que para la programación de sus aplicaciones de riego usaban solamente una inspección visual. La mayoría de los otros campos de golf informaron que utilizaban algún tipo de balance de agua del suelo, mientras solamente el 2 % se estimaron utilizando *in situ* la medición de la humedad del suelo.

### 1.3.2 – Estrés hídrico

La sequía es uno de los principales factores limitantes para el crecimiento del césped en muchas zonas áridas y semiáridas (Huang & Fry, 1998). Por su parte, Hillel (1980) subrayó que el potencial de agua del suelo que corresponde a la aparición del estrés hídrico en las plantas varía según la especie, tipo de suelo y la demanda evaporativa. En este aspecto, los céspedes de estación cálida, en general, presentan una mejor calidad del césped durante la sequía que los de estación fría (Qian *et al.*, 1997). Existen importantes diferencias entre especies y cultivares de céspedes en respuesta al estrés hídrico (Levitt, 1980; Minner & Butler, 1985). El estrés hídrico está asociado con una disminución en la calidad visual, crecimiento radicular, tasa de crecimiento, potencial hídrico foliar, estabilidad de la membrana celular, tasa de fotosíntesis, tasa de ET y acumulación de hidratos de carbono (Beard, 1973; Carrow, 1996; Perdomo *et al.*, 1996; Huang *et al.*, 1998; Huang & Gao, 1999; Jiang & Huang, 2000).

Los céspedes tienen un sistema radicular poco profundo (Turgeon, 2002). Numerosos estudios han demostrado que un componente muy importante de resistencia a la sequía es el desarrollo y mantenimiento de un sistema radicular profundo, extenso y viable (May & Milthorpe, 1962; Youngner, 1985; Beard, 1989; Marcum *et al.*, 1995; Carrow, 1996b; Huang *et al.*, 1997b; Richie *et al.*, 2002). Karcher *et al.* (2008) destacan que una mayor absorción de agua mediante un aumento de tamaño y profundidad del sistema radicular es uno de los más importantes mecanismos de tolerancia a la sequía, ya que eso permite el césped utilizar plenamente los recursos de agua disponible en el suelo y retrasar la necesidad de riego suplementario.

El estrés hídrico ocurre a menudo en la superficie del suelo, aunque a mayor profundidad la reserva de agua puede ser adecuada (Huang & Fu, 2001). La desecación de la parte superior del perfil del suelo tiene un profundo impacto en la funcionalidad de la raíz y en el crecimiento de algunas especies de plantas (Henson *et al.*, 1989; Jensen *et al.*, 1989). Por el contrario, otras especies pueden mantener un *status* favorable de agua y crecimiento a pesar de grandes porciones del sistema radicular residir en suelo seco (Sadras *et al.*, 1993; Gallardo *et al.*, 1994; Zhang & Kirkham, 1995; Huang *et al.*, 1997; Huang *et al.*, 1997a). Huang *et al.* (1997) y Huang (1999) examinaron las respuestas de varios céspedes de estación cálida al horizonte superficial del suelo seco y encontraron que el crecimiento de tallos y el *status* de agua de la hoja no fueron afectados en especies relativamente tolerantes a la sequía, de raíces profundas, tales como *Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm., *Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack. y *Paspalum vaginatum*, pero fueron reducidos en especies relativamente sensibles a la sequía, de raíces poco profundas, como *Zoysia japonica* Steud. y *Cynodon dactylon*. Estudios previos han demostrado que la capacidad de adaptación de las plantas a la superficie del suelo seco se puede atribuir en parte al mantenimiento del *status* del agua mediante la utilización de agua disponible en profundidad, en el perfil del suelo, a través de raíces profundas (Caldwell & Richards, 1989; Huang, 1999).

El estrés hídrico que daña los céspedes puede ser caracterizado como crónico o agudo (Beard, 1989). El estrés hídrico crónico resultante de una sequía, está más extendido en la naturaleza y va ligado a un déficit de agua progresivo. Mientras que el estrés hídrico agudo está más comúnmente asociado con los céspedes que con otros tipos de vegetación espontánea. Normalmente se produce durante un pico de demanda evaporativa en pleno verano en céspedes cortados muy bajos, donde el sistema radicular está severamente limitado. El estrés hídrico agudo ocurre incluso en los céspedes donde existe una adecuada humedad del suelo, pero donde la tasa de transpiración excede la capacidad de las plantas de absorber humedad a través del sistema radicular. Sin embargo, Beard (1989) señaló que por lo general, el estrés hídrico de pleno verano se confunde con el simultáneo estrés por calor. O sea, es muy posible en algunas situaciones de estrés hídrico agudo que las estomas se cierran y el enfriamiento por transpiración esencialmente deje de funcionar. En este caso, el césped puede ser en realidad muerto por el estrés por calor, originariamente inducido por el estrés hídrico.

Según Huang & Gao (2000), la eficiencia en la absorción del agua es un factor de importancia determinante en la resistencia a la sequía. La resistencia a la sequía ha sido asociada con la penetración en profundidad del sistema radicular en algunas especies (Burton *et al.*, 1954; Sheffer *et al.*, 1987; White *et al.*, 1993a; Carrow, 1996a; Huang *et al.*, 1997). La absorción de agua depende del tamaño de las raíces (longitud o masa), la actividad y la distribución espacial (Huang & Gao, 2000a), que a la vez influyen en la competencia por recursos con especies indeseables (Lyons *et al.*, 2008). Por ejemplo, Kneebone & Pepper (1982), Kim & Beard (1988) y Qian *et al.* (1996) demostraron que la *Festuca arundinacea* tiene una tasa de evapotranspiración más alta que los céspedes de estación cálida. Sin embargo, el amplio enraizamiento de *Festuca arundinacea* hace que tenga una resistencia a la marchitez de la hoja equivalente a la de *Cynodon dactylon* x *Cynodon transvaalensis* y mejor que la de *Zoysia japonica* (Qian *et al.*, 1997). Los mismos investigadores añadieron que en un suelo poco profundo o en un suelo con capas restrictivas, los beneficios de las raíces profundas de *Festuca arundinacea* pueden no manifestarse. Aunque la selección de especies-cultivares con una mayor producción de raíces y en perfiles más profundos es importante para la tolerancia a la sequía, el aumento asociado a la producción de tallos no es ventajoso para el cultivo del césped (Bonos *et al.*, 2004). Los céspedes han sido seleccionados por más de 40 años con una baja capacidad de producción de tallos y un ritmo lento de crecimiento vertical (Funk & Meyer, 2001), para así reducir la frecuencia de corte y aumentar la calidad del césped. A las mismas conclusiones ya había llegado Kramer (1980) al aludir que los mecanismos más importantes por lo que los céspedes aumentan la absorción de agua y evitan la sequía es un profundo y extenso sistema de raíces, y en una baja relación tallo/raíz.

En sus estudios sobre las necesidades mínimas de agua, DaCosta & Huang (2006a) consideraron que la disponibilidad de agua para el riego de céspedes se está convirtiendo cada vez más limitada, haciendo de la conservación del agua la principal preocupación. Estos autores señalan que es de gran importancia el estudio de las

necesidades de agua de las diferentes especies de céspedes para así identificar las especies que toleran mejor el estrés hídrico y de esta forma desarrollar estrategias eficientes de riego. Las necesidades de agua de las distintas especies se han basado en la tasa de uso del agua y se ha cuantificado mediante la tasa de ET. Las necesidades de agua varían con las especies de césped (Youngner *et al.*, 1981; Aronson *et al.*, 1987a; Kim & Beard, 1988; Fry & Butler, 1989; Fu *et al.*, 2004) y dentro de los cultivares de la misma especie (Shearman, 1986; Kopec *et al.*, 1988; Shearman 1989; Bowman & Macaulay, 1991; Salaiz *et al.*, 1991; Ebdon & Petrovic, 1998). La tasa de uso del agua también se ve afectada por factores ambientales, tales como la disponibilidad de humedad del suelo (DaCosta & Huang, 2006a). Por lo general, una mayor tasa de uso del agua se ha relacionado con aumentos en la disponibilidad de agua (Beard, 1973; Biran *et al.*, 1981; Gibeault *et al.*, 1985). Bajo riego restringido o limitando las condiciones de humedad del suelo, los céspedes pueden utilizar considerablemente menos agua en comparación con las plantas bien regadas (Kneebone & Pepper, 1984; Qian & Engelke, 1999a). El uso consuntivo del agua del césped se define como la cantidad total de agua necesaria para el crecimiento, más la cantidad de agua perdida por ET (Beard, 1973). Una clasificación del uso del agua de céspedes de estación fría bajo condiciones no restrictivas de humedad del suelo ya se ha realizado previamente: *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis* L., *Poa annua* y *Agrostis stolonifera*, tienen la más alta tasa de ET; *Poa trivialis* L. y *Lolium perenne*, están clasificados en nivel intermedio; *Festuca rubra* y *Festuca brevipila* R. Tracey, tienen la más baja tasa de ET (Minner, 1984; Aronson *et al.*, 1987a; Beard & Kim, 1989). Sin embargo, los estudios de Aronson *et al.* (1987a) indicaron que es importante señalar que la clasificación comparativa del uso del agua de diferentes especies y cultivares puede cambiar a través de diferentes entornos, condiciones climáticas y regímenes culturales.

Dettman-Kruse *et al.* (2008) mantienen que los sistemas de riego se utilizan con frecuencia para prevenir el estrés por sequía en los céspedes. El riego debe ser retenido hasta que los síntomas de sequía sean inminentes. Biran *et al.* (1981) encontraron que el retraso del riego hasta el comienzo de marchitamiento temporal resultó en una disminución significativa en el consumo de agua por el césped. Indicadores claros del estrés hídrico inminente deben ser identificados para minimizar la aplicación innecesaria de agua de riego (Aronson *et al.*, 1987). Ajustes a la frecuencia y duración de riego se hacen para asegurar que las áreas que típicamente muestran los primeros indicios de estrés por sequía reciban el agua suficiente; pero como resultado, muchas de las áreas circundantes reciben más agua que requieren para mantener la calidad óptima. Un objetivo razonable actual será el uso de un sistema de detección remota para predecir el estado hídrico del suelo en un sitio específico, basado en la reflectancia de la cubierta del césped antes de que los síntomas de estrés hídrico se desarrollen. Esto permitiría aplicaciones de riego para áreas específicas mediante la modificación del sistema de riego (Dettman-Kruse *et al.*, 2008).

Otra de las estrategias para reducir las necesidades de riego del césped es el uso de cultivares resistentes a la sequía (Carrow *et al.*, 1990; Karcher *et al.*, 2008). Los



mecanismos de resistencia a la sequía incluyen evitar la deshidratación, tolerancia a la deshidratación y escape (Levitt, 1980; Beard, 1989), todos los cuales sirven para mejorar la eficiencia de absorción de agua, uso del agua, o reducir la pérdida de agua (Karcher *et al.*, 2008). Evitar la deshidratación, es la capacidad de una planta para evitar el déficit hídrico que dañe los tejidos, incluso cuando crece en un ambiente de sequía que favorece la aparición de estrés hídrico. Los dos principales mecanismos que contribuyen a evitar la deshidratación son una reducción en la pérdida de agua a través de la disminución de la ET y mantenimiento y mejora de la absorción de agua (Beard, 1989). Los mecanismos de tolerancia a la deshidratación son aquellos que permiten mantener la turgencia de la planta y evitar el letargo. La tolerancia de la planta al estrés hídrico puede subdividirse en aquellas plantas que toleran la sequía mientras mantienen un bajo potencial hídrico en tejidos y aquellas plantas que toleran la sequía manteniendo un alto potencial hídrico en tejidos (Jones *et al.*, 1981). Las plantas que toleran la sequía reduciendo el potencial hídrico en los tejidos acumulan diversos solutos en un proceso denominado ajuste osmótico. El ajuste osmótico permite a la planta mantener la turgencia a un muy bajo potencial hídrico mediante la disminución del potencial osmótico celular, lo que generalmente implica la acumulación de solutos compatibles, tales como hidratos de carbono, aminoácidos e iones minerales. Una segunda agrupación de mecanismos de tolerancia a la sequía incluye aquellas plantas que toleran la sequía por mantener un alto potencial hídrico en tejidos a través de reduciendo la pérdida de agua o aumentando la absorción de agua (Karcher *et al.*, 2008). La pérdida de agua por la planta puede reducirse bajo estrés hídrico por enrollamiento foliar o rápido cierre estomático, esto mecanismo muy común en los céspedes (Frank & Berdahl, 2001; Xu *et al.*, 2006). Sin embargo, este mecanismo tiene consecuencias negativas, ya que el cierre estomático también reduce la fijación del CO<sub>2</sub> y puede conducir a aumentos de la temperatura de la cubierta debido a un descenso en el enfriamiento por transpiración (Throssell *et al.*, 1987). El escape es una clasificación que normalmente se refiere a plantas que explotan un rápido desarrollo fenológico cuando hay disponibilidad de agua, seguido de letargo durante estrés severo (Kramer, 1980). A pesar de que algunos céspedes pueden utilizar el escape a la sequía por entrar en reposo vegetativo durante períodos de sequía prolongados, la mayoría de los *greenkeepers* desean mantener una superficie verde durante los períodos de sequía por estética y capacidad de juego. Por eso, el escape a la sequía sólo está considerado una alternativa viable para céspedes en aquellas zonas donde el riego no está disponible y la supervivencia de lo césped tras la sequía es el objetivo primordial (Karcher *et al.*, 2008).

### 1.3.3 – Evapotranspiración (ET)

En la cuenca mediterránea durante el verano la incidencia simultánea de altas temperaturas y escasa precipitación causa una alta ET (Hamdy & Lacirignola, 1999).

Rana & Katerji (2000) señalaron que debido a la escasez de recursos hídricos, la evaluación de las pérdidas de agua de los cultivos por la ET es muy importante en estas regiones. En estas condiciones, la selección de cultivares de césped con bajas tasas de ET es de especial relevancia para la conservación del agua (Beard, 1989; Beard *et al.*, 1992) y el mantenimiento del césped (Aronson *et al.*, 1987a). De hecho, la investigación se ha centrado en la forma en que las diferentes tasas de riego afectan a la calidad del césped (O'Neil & Carrow, 1982; Fry & Butler, 1989) y en la medición de las tasas de ET de diferentes especies y cultivares de césped (Doty *et al.*, 1990; Green *et al.*, 1990).

La ET es la cantidad total de agua transpirada por las plantas y la evaporada desde la superficie del suelo (Beard, 1989). Las tasas de ET comparativas de las especies de césped son claramente diferentes de las resistencias a la sequía relativas, porque cada uno es un fenómeno claramente diferente. Por ejemplo, *Festuca arundinacea* es uno de los céspedes de estación fría más resistentes a la sequía, pero posee una tasa de ET muy alta. Una baja tasa de ET es un componente muy importante para evitar la deshidratación. La reducción de la tasa de ET del césped también es una estrategia clave de conservación de agua para céspedes regados.

La ET puede ser medida (directa o indirectamente) o estimada. Por ejemplo, para fines de investigación en ecofisiología vegetal, la ET debe ser medida con precisión, mientras que para la gestión de riego se puede estimar. Cuanto menor sea el grado de exactitud en la estimación, mayores serán las pérdidas de agua por un manejo incorrecto del riego (Rana & Katerji, 2000). Los métodos que predicen el uso de agua del cultivo sobre la base de las condiciones climáticas son usados con frecuencia para programación de riego porque las mediciones de campo precisas son difíciles de obtener (Aronson *et al.*, 1987a). El método más ampliamente utilizado para la estimación de la ET para cultivos específicos implica en primer lugar el cálculo de la ET de referencia del cultivo ( $ET_0$ ) empíricamente; a continuación, la aplicación de coeficientes de cultivo adecuados ( $k_c$ ) para relacionar la  $ET_0$  a la ET del cultivo específico y condiciones climáticas (Doorenbos & Pruitt, 1984; Bastug & Buyuktas, 2003). Actualmente, las empresas de riego comercializan estaciones meteorológicas que calculan la  $ET_0$  y programan el riego automáticamente utilizando diferentes modificaciones de la fórmula de Penman (Bastug & Buyuktas, 2003).

La ET es influenciada por la temperatura, humedad, viento y hasta cierto punto por la radiación solar (Harivandi, 1984) y también por las plantas y las prácticas de manejo (Allen *et al.*, 1998). Aumenta a medida que aumenta la temperatura, el viento y la radiación y a la medida que disminuye la humedad (Harivandi, 1984). Algunos investigadores han demostrado diferencias interespecíficas en las tasas de ET (Biran *et al.*, 1981; Shearman, 1986; Aronson *et al.*, 1987a; Kim & Beard, 1988; Kopec *et al.*, 1988). Biran *et al.* (1981) y Kneebone & Pepper (1982) determinaron en condiciones climáticas similares que las especies de césped de estación fría tenían mayores tasas de ET que las especies de estación cálida. En otras palabras, los céspedes de estación fría suelen utilizar más agua que los céspedes estación cálida (Harivandi, 1984). Meyer & Gibeault (1986) concluyeron que las especies de estación cálida tienen un potencial

mayor que las especies de estación fría en cuanto a la conservación del agua. En relación con las prácticas de manejo, Biran *et al.* (1981) encontraron que la elevación de la altura de corte producía un aumento de la ET.

Según Harivandi (1984), algunos autores recomiendan la aplicación de agua de riego igual a la ET en una zona determinada. Pero ello, al contrario, indicó que céspedes de estación fría como *Lolium perenne* y *Festuca arundinacea* mostraron diferencias no significativas en la calidad cuando el riego por aspersión igualó 100 y 80 % de la ET. Céspedes de estación cálida (*Paspalum vaginatum*, *Cynodon* spp. y *Zoysia* spp.) mostraron diferencia no significativa en la calidad cuando el riego por aspersión igualó 100, 80 y 60 % de la ET. Estos resultados indican que ahorro de agua de 20 % para los céspedes de estación fría y 40 % para los de estación cálida se puede realizar sin afectar significativamente la calidad del césped.

#### 1.3.4 – Manejo del riego

En todos los campos de golf en los climas áridos o semiáridos, el riego es una herramienta esencial para poder mantener el crecimiento y calidad del césped, y maximizar la calidad de juego (Weatherhead *et al.*, 2006). Por este motivo, es de mayor importancia monitorizar cuidadosamente el estado hídrico del suelo y hacer los ajustes en las prácticas de riego en respuesta al estrés hídrico para hacer un mejor uso del agua (Dettman-Kruse *et al.*, 2008).

El agua de riego aplicada al césped se utiliza-pierde a través de (a) percolación profunda debido a la fuerza de la gravedad, (b) escorrentía, causada principalmente por las tasas de aplicación indebidas, (c) evaporación desde el suelo y/o superficie de las hojas y (d) metabolismo y/o la transpiración de la planta (Harivandi, 1984). La percolación profunda y la escorrentía pueden ser reducidas mediante la aplicación de la cantidad adecuada de agua. Harivandi (1984) afirmó que los programas de riego poco eficientes, además de ser un desperdicio, aumentan la incidencia de enfermedades y malas hierbas en el césped. También reducen la eficacia de otras prácticas de gestión del césped como la fertilización, la siega y el control de plagas.

La cantidad de riego aplicada puede tener un impacto significativo en el uso de agua por la planta (Fu *et al.*, 2004). Los céspedes necesitan agua en cantidades inferiores a la ET para mantener una calidad visual aceptable (Feldhake *et al.*, 1984; Gibeault *et al.*, 1985; Fry & Butler, 1989; Qian & Engelke, 1999; Jordan *et al.*, 2003; Fu *et al.*, 2004; DaCosta & Huang, 2006a). El riego deficitario controlado se define como el suministro de agua en cantidades menores que la ET medida en condiciones de suelo bien regado y se ha convertido en una técnica de conservación cada vez más popular en el mantenimiento del césped, resultando en un ahorro general del agua y

aumento en la eficiencia del uso del agua (Feldhake *et al.*, 1984; Fry & Butler, 1989; English & Raja, 1996; Qian & Engelke, 1999; Kirda, 2002). Investigaciones utilizando el riego deficitario ya se han realizado en algunas especies de céspedes de estación fría y estación cálida para determinar los límites inferiores de riego que mantienen la calidad mínima aceptable del césped (Feldhake *et al.*, 1984; Fry & Butler, 1989; Brown *et al.*, 2004; Fu *et al.*, 2004). En general, los estudios sobre riego deficitario de céspedes han demostrado que la amplitud permisible del riego deficitario puede variar entre las especies y dentro de los cultivares de la misma especie, siendo las especies de estación cálida las que tienen más capacidad de soportar riego deficitario en comparación con las de estación fría (Meyer & Gibeault, 1986; Carrow, 1995; Qian & Engelke, 1999a). Qian y Engelke (1999a), regando cada 3 días, demostraron que la cantidad mínima de riego para prevenir el estrés por sequía y mantener una calidad aceptable para la *Festuca arundinacea* era del 50 al 70 % de la evaporación desde un tanque clase A ( $E_{pan}$ ), mientras que un 10 a un 50 % de  $E_{pan}$  fue requerido para varios céspedes de estación cálida [*Zoysia japonica*, *Cynodon dactylon*, *Buchloe dactyloides* y *Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze]. Carrow (1995) mostró que el riego a un 80 % de  $E_{pan}$  era necesario para *Festuca arundinacea* y de 60 a 80 % de  $E_{pan}$  era preciso para los céspedes de estación cálida (*Cynodon dactylon* x *C. transvaalensis*, *Cynodon dactylon*, *Zoysia japonica*, *Eremochloa ophiuroides* y *Stenotaphrum secundatum*). Además de los beneficios de la disminución del uso total de agua, los céspedes pueden tolerar ciertos niveles de déficit de riego con poca o ninguna pérdida en la calidad del césped (DaCosta & Huang, 2006a). Danielson & Feldhake (1981) regando 3 veces por semana y utilizando lisímetros, verificaron que la aplicación de riego al 80 % de la capacidad de campo reduce el uso del agua de *Poa pratensis* en un 20 % y sólo se reduce la calidad en un 10 %. Según Fu *et al.* (2004), *Festuca arundinacea* y *Cynodon dactylon* mantienen niveles de calidad similar a 60 y 40 % de la ET respectivamente, en comparación con las mismas especies bajo riego del 100 %. DaCosta & Huang (2006) demostraron que el riego deficitario mejoró la eficiencia de uso del agua en tres especies del género *Agrostis*. En su estudio conducido bajo clima subtropical húmedo, sugerirán que el riego al 60-80 % de la ET en condiciones de alta demanda evaporativa (por ejemplo, los meses de verano) y al 40 % de la ET bajo condiciones de baja demanda evaporativa (por ejemplo, los meses de otoño) podía ser practicado de modo a conservar el agua en el manejo de *Agrostis*. El uso adecuado de una estrategia de riego deficitario, ya sea a través de disminuir la cantidad de riego o la frecuencia, ha sido utilizado para promover la tolerancia de las plantas a un posterior estrés por sequía debido a un mayor crecimiento de raíces y mejora del ajuste osmótico (Beard, 1973; Qian & Fry, 1996; Jiang & Huang, 2001b). La capacidad de mantener la calidad de los céspedes con un riego mínimo conlleva un importante ahorro económico e hídrico, particularmente en las zonas de mayor superficie como los *fairways* (DaCosta & Huang, 2006a).

El riego deficitario se pueden lograr mediante el alargamiento de períodos entre riegos o aplicando agua con más frecuencia a niveles menores que la ET (Fu *et al.*, 2007). Según Fu & Dernoeden (2009a), riegos ligeros y frecuentes frente a riegos profundos y poco frecuentes son dos prácticas opuestas comunes de riego en los campos

de golf durante los meses de verano. A este propósito se refieren Fry & Huang (2004) cuando afirman que los riegos ligeros y frecuentes consisten en aplicar agua antes de la marchitez ser evidente y mantener la humedad del suelo en o cerca de la capacidad de campo y que el riego profundo y poco frecuente se define como el riego a las primeras señales de la marchitez de las hojas para reponer la zona radicular con agua. Una irrigación poco frecuente fomenta un mejor desarrollo de las raíces tanto en los céspedes de estación fría (Bennett & Doss, 1960) como en los de estación cálida (Doss *et al.*, 1960; Madison & Hagan, 1962). Por el contrario, la investigación ha demostrado que el riego ligero y frecuente estimula el crecimiento poco profundo de las raíces y las malas hierbas (Madison & Hagan, 1962; Shearman & Beard, 1973). De igual modo, céspedes regados con menos frecuencia utilizan menos agua (Doss *et al.*, 1964; Mantell, 1966; Biran *et al.*, 1981) debido a reducida ET. El riego frecuente o excesivo, sin embargo, no sólo aumenta el coste asociado con el consumo de agua, sino que además puede reducir la tolerancia al estrés ambiental y predispone el césped a lesiones a partir de estreses mecánicos, cianobacterias, musgo, y enfermedades (Beard, 1973; Turgeon, 1996; Dernoeden, 2002). El riego profundo y poco frecuente en general se recomienda para el mantenimiento de céspedes de estación fría (Beard, 1973; Fry & Huang, 2004).

Algunos investigadores han descubierto que la sequía moderada no afecta significativamente a la calidad del césped en verano. Por ejemplo, Hagan (1955) y Butler & Feldhake (1979) recomiendan regar sólo cuando el césped necesita de agua o muestra indicios de estrés hídrico, regando entonces profundamente para llevar la zona radicular a la capacidad de campo. Tovey *et al.* (1969) afirmaron que riegos menos frecuentes, dependiendo del tipo de suelo, son adecuados para mantener la buena calidad del césped si es aplicada el agua suficiente para llevar la zona radicular a la capacidad de campo en cada riego. Gibeault *et al.* (1985) demostraron que *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis* y *Lolium perenne* produjeron mejor calidad cuando fueron regados al 100 % de la ET, pero la calidad era sólo ligeramente inferior al 80 % de la ET. Similares resultados han sido encontrados por Fry & Butler (1989) en *Festuca arundinacea* y *Festuca longifolia*. Ellos mostraron que sólo una pequeña pérdida de calidad visual de la *Festuca arundinacea* se producía cuando se regada al 50 % de la ET en días alternos. Jordan *et al.* (2003) observaron que un *green* de *Agrostis stolonifera* regado cada 4 días comparado con el regado cada 1 ó 2 días, había mejorado significativamente la calidad del césped en uno de los dos años de estudio. Fu *et al.* (2004) demostraron que *Festuca arundinacea*, *Cynodon dactylon* x *Cynodon transvaalensis* y *Zoysia japonica* muestran el mismo nivel de calidad que un césped bien regado que cuando se regaban al 60 u 80 % de la ET. Los mismos investigadores encontraron que la *Festuca arundinacea* regada dos veces por semana mantiene aceptable calidad entre junio y septiembre en niveles de déficit de riego de 40 a 60 % de la ET. Una calidad aceptable de *Agrostis stolonifera* se ha mantenido cuando se ha regado al 80 % de la ET durante el verano (DaCosta & Huang, 2006a; Sass & Horgan, 2006). Regando 3 veces por semana, el riego de un 60 % de la ET durante el verano no mantiene aceptable la calidad del césped en *Agrostis stolonifera* y *Agrostis capillaris* L., pero sí en *Agrostis canina* L. Durante el otoño, *Agrostis stolonifera*, *Agrostis capillaris*

y *Agrostis canina* mantienen la aceptable calidad del césped con el riego del 40 % de la ET (DaCosta & Huang, 2006a).

Las especies de céspedes difieren en su capacidad de enraizamiento. Algunas especies tienen sistemas de raíces profundas, otras más superficiales. Los céspedes de estación cálida en general producen sistemas de raíces profundas, mientras que casi todos los céspedes de estación fría tienen sistemas de raíces superficiales; la *Festuca arundinacea*, con un sistema de raíces intermedio, es una excepción (Harivandi, 1984). Ya que el objetivo de un programa eficiente de riego es el suministro de agua a lo largo de la zona radicular, la profundidad de enraizamiento, así como la textura del suelo, se deben considerar al determinar la tasa y la cantidad de agua que debe ser aplicada. En este sentido, los efectos de la frecuencia de riego y el estado hídrico del suelo sobre el enraizamiento del césped también han sido estudiados. Algunos autores, como Fu & Dernoeden (2009a) afirman que el manejo del riego tiene una influencia directa sobre el crecimiento y la longevidad radicular, demostrando un mayor enraizamiento cuando los riegos fueron profundos y poco frecuentes. Doss *et al.* (1960) constataron que la profundidad de enraizamiento para césped de estación cálida aumenta cuando el intervalo entre los riegos aumenta. Bennett y Doss (1960), trabajando con *Festuca arundinacea*, mostraron que reduciendo la frecuencia de riego permitía secar más el suelo entre los riegos y en consecuencia aumentaba la longitud de la raíz. Jordan *et al.* (2003) señalaron que el riego a un intervalo de 4 días produjo un aumento de la densidad radicular en *Agrostis stolonifera* en comparación con el riego diario. Ensayos realizados por Fu *et al.* (2007) revelaron una mayor cantidad de raíces, mayor longitud de la raíz y una mayor superficie radicular en la profundidad del suelo de 8,7 a 17,9 cm en *Festuca arundinacea* regando el césped dos veces por semana a un 20 % de la ET, en comparación con el riego del césped al 60 y 100 % de la ET.

También se ha demostrado que la frecuencia de riego influye en la ET del césped. Una evaluación de campo realizada por Doss *et al.* (1964) demostró que la ET fue más alta cuando el agua era ilimitada, mientras que cuando el intervalo de riego se incrementó la ET se redujo.

### 1.3.5 – Medición del contenido de agua del suelo

En la actualidad, la mayor parte de los *greenkeepers* utilizan estaciones meteorológicas *in situ* para programar los riegos siempre basados en los cálculos de la ET. Sin embargo, este método no tiene en cuenta la gran variabilidad espacial generada por las características paisajísticas de un césped (textura, pendiente, sombreado, etc.). Como consecuencia, con frecuencia se realizan cambios del tiempo de riego en zonas

enteras del campo de golf para dar cuenta de problemas localizados (Johnsen *et al.*, 2009).

La reflectometría en el dominio temporal (TDR) es un método muy preciso y automatizable (Jones *et al.*, 2002) que permite obtener la medición del contenido de agua en función de la conductividad eléctrica en un volumen de suelo con una simple sonda (Dalton *et al.*, 1984) y con una alteración mínima del suelo (Noborio, 2001). La medición del contenido de agua del suelo con este dispositivo puede verse ligeramente afectada por cambios en la densidad aparente del suelo, temperatura y salinidad (Topp *et al.*, 1980). Sin embargo, según Noborio (2001), su popularidad ha hecho que su uso se haya extendido para la medición de agua y salinidad en el suelo.

Aunque el muestreo gravimétrico para el contenido de agua del suelo es el método más exacto de medición, las muestras deben ser muestras de suelo (Noborio, 2001). Métodos *in situ* ampliamente aceptados para medir el contenido de agua del suelo pueden ser métodos radiactivos como el método de dispersión de neutrones (Gardner & Kirkham, 1952) y el método de atenuación de rayos *gamma* (Reginato & van Bavel, 1964). Estos métodos son bastante precisos y no destructivos; sin embargo, requieren calibrado para cada suelo y especial precaución para evitar posibles riesgos de salud (Noborio, 2001).

Jones *et al.* (2002) apuntaron que la TDR es un método relativamente nuevo. La primera aplicación de la TDR a mediciones de agua en el suelo fue referenciado por Topp *et al.* (1980). Según Jones *et al.* (2002), las principales ventajas de la TDR con respecto a otros métodos de medición de contenido de agua del suelo son: (i) una precisión superior a 1 ó 2 % del contenido volumétrico de agua; (ii) los requisitos de calibración son mínimos - en muchos casos no es necesaria; (iii) ausencia de riesgo de radiación asociada con sonda de neutrones o técnicas de atenuación *gamma*; (iv) tiene excelente resolución espacial y temporal; (v) las mediciones son fáciles de obtener, y el método es capaz de proporcionar mediciones continuas a través de automatización y *multiplexing*.

Por otro lado, Johnsen *et al.* (2009) pusieron de relieve que a pesar de que las estrategias de manejo del riego se centran en la ET y/o en la humedad del suelo, la monitorización de la reflectancia de la cubierta de césped mediante sensores remotos que detecten el estrés hídrico puede ser de gran utilidad. Las medidas de reflectancia de la cubierta de césped se relacionan con la evaluación visual y la humedad del suelo, y pueden detectar el estrés hídrico de 6 a 48 horas antes de la observación visual. Los *greenkeepers* podrían también utilizar la reflectancia para monitorizar el estrés hídrico y, posiblemente, programar el riego justo antes de los síntomas de la sequía sean visibles (Johnsen *et al.*, 2009). Es decir, por monitorización de los cambios en el estrés hídrico sobre una base espacial a través del escrutinio o el uso de instrumentos de detección remota, los *greenkeepers* pueden hacer modificaciones de riego en aspersores individuales, centrando las aplicaciones de agua a las zonas con mayor necesidad (Park *et al.*, 2007; Dettman-Kruse *et al.*, 2008). La medida de la reflectancia en el césped se

puede ver afectada por la dosis de riego (Fenstermaker-Shaulis *et al.*, 1997; Park *et al.*, 2005; Baghzouz *et al.*, 2006; Xiong *et al.*, 2007; Dettman-Kruse *et al.*, 2008), la dosis de nitrógeno (N) fertilizante (el factor más importante) (Bell *et al.*, 2002; Baghzouz *et al.*, 2006; Kruse *et al.*, 2006; Xiong *et al.*, 2007; López-Bellido *et al.*, 2012), altura de corte (Fitz-Rodríguez & Choi, 2002), enfermedades (Nutter *et al.*, 1993; Green *et al.*, 1998; Raikes & Burpee, 1998; Rinehart *et al.*, 2002), desgaste (Trenholm *et al.*, 1999; Jiang *et al.*, 2003), tráfico (Guertal & Shaw, 2004), especies y cultivares (Jiang & Carrow, 2005; Jiang & Carrow, 2007).

## 1.4 – OPTIMIZACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

La fertilización nitrogenada es un componente muy importante en la estética y calidad de juego de un *green* (López-Bellido *et al.*, 2012) y con frecuencia afecta a otras prácticas de manejo (Waddington *et al.*, 1978). Bajo condiciones óptimas de crecimiento, ningún otro nutriente tiene una influencia tan significativa sobre el vigor, la calidad visual, la recuperación de daños, el buen estado sanitario general del césped (Carrow *et al.*, 2001; Hull & Liu, 2005; Liu *et al.*, 2008), la adecuada proporción en la relación raíz/tallo (Schlossberg & Karnok, 2001), afectando también la disponibilidad de N el contenido de clorofila en las hojas (Schlemmer *et al.*, 2005). No obstante, de la misma manera que una precaria fertilización nitrogenada impide conseguir un *green* de alta calidad, una excesiva fertilización nitrogenada puede también causar efectos indeseables (López-Bellido *et al.*, 2012), tales como el aumento de la producción de *clipping*, el incremento del *thatch* y la reducción de la velocidad del *green*. Además, el aumento del coste de los fertilizantes, el aumento de las reglamentaciones ambientales y el creciente deseo de la opinión pública por sistemas más sostenibles requiere una mayor investigación sobre el uso de la menor cantidad posible de N en los campos de golf (Koeritz & Stier, 2009).

Los métodos clásicos para determinar la cantidad de N a aplicar en un *green* han sido generalmente las análisis de suelo o de tejido vegetal (López-Bellido *et al.*, 2011). Sin embargo, estas técnicas requieren la recogida de muchas muestras lo que requiere mucho tiempo, mano de obra y un elevado coste (Keskin *et al.*, 2004); además, son necesarios varios días para obtener los resultados del laboratorio, lo que puede hacer que la calidad del césped pueda disminuir aún más en el ínterin entre el muestreo y la disponibilidad de los resultados, conduciendo a que los datos obtenidos nunca sean traducidos en recomendaciones reales de aplicación de N (Kruse *et al.*, 2006). Estas desventajas hacen a que muchos *greenkeepers* decidan optar por un programa de fertilización nitrogenada más o menos predeterminado, dosis fijas y/o en una esperada mejora en la calidad estética del césped (Mangiafico & Guillard, 2006) basado en la experiencia previa y en la intuición, mediante el reconocimiento visual y la medida de la



velocidad del *green* (López-Bellido *et al.*, 2012). Pero esta forma puede dar lugar a un exceso de fertilización (Mangiafico & Guillard, 2007) lo que puede llevar a pérdidas de N por escorrentía y/o lixiviación, con la consiguiente contaminación final de aguas superficiales, subterráneas y la eutrofización de lagos o lagunas cercanas (Brown *et al.*, 1982; Mancino & Troll, 1990; Petrovic, 1990; Shuman, 2001; Kruse *et al.*, 2006; Samborski *et al.*, 2009). En el caso de una subfertilización nitrogenada, podría afectar negativamente el rendimiento del césped en la densidad de tallos, asociado con la tolerancia al desgaste y color (Johnson *et al.*, 2003; Samaranayake *et al.*, 2008).

El color del césped es el principal componente de la calidad estética y un buen indicador del estatus de N (López-Bellido *et al.*, 2011). De acuerdo con Skogley & Sawyer (1992), la evaluación de la calidad estética del césped puede ser difícil porque no se mide cuantitativamente, sino que se ha medido subjetivamente por estimación visual hasta la fecha. Si bien las evaluaciones visuales subjetivas son un sistema rápido que no requieren de ningún equipo y pueden ser altamente fiables en la evaluación de las diferencias de tratamiento en un mismo experimento, sin embargo son de difícil comparación entre diferentes estudios o evaluadores (Mangiafico & Guillard, 2005). Por lo tanto, lo deseable sería fundamentar las decisiones de aplicación de N en alguno parámetro objetivo que mediese el N en el suelo o en la planta en lugar de las aplicaciones fijas (Mangiafico & Guillard, 2007).

La concentración de clorofila en las hojas puede ser considerada como una medida de vitalidad de la planta (Mangiafico & Guillard, 2005), o puede ser vista como una medida indirecta de color del césped (Pocklington *et al.*, 1974). Debido a que el N es una parte de la clorofila, mediante la medición de la clorofila se puede medir en forma indirecta la cantidad de N en la planta. En los últimos años han surgido nuevas técnicas para determinar el contenido de N del césped; un ejemplo es la evaluación de color con medidores remotos de clorofila por reflectancia (Bell *et al.*, 2002; Karcher & Richardson, 2003; Keskin *et al.*, 2004; Kruse *et al.*, 2006; Mangiafico & Guillard, 2007; Xiong *et al.*, 2007; Pease *et al.*, 2011). Esta nueva tecnología puede de forma rápida, fiable y económica, sin perturbar el césped, determinar el N disponible a través de medidas indirectas relacionadas con el contenido de N del césped y reportar los resultados cuantitativos de manera objetiva (Keskin *et al.*, 2004) en comparación con los métodos clásicos (López-Bellido *et al.*, 2012). Mangiafico & Guillard (2007) sugirieron que los medidores de reflectancia pueden ser la mejor herramienta para aconsejar la fertilización nitrogenada del césped, además (Kruse *et al.*, 2006) con una reducción del tiempo de muestreo y permitiendo aplicaciones de fertilizantes en áreas específicas. Mangiafico & Guillard (2005) refirieron que las mediciones con el medidor de mano de clorofila por reflectancia Field Scout CM1000 indican no sólo la concentración de clorofila en las hojas, sino también la densidad foliar en la muestra de cubierta de césped.

Correlaciones entre las medidas de reflectancia y color, calidad visual, densidad de tallos, contenido de N de los tejidos vegetales, cantidad de *clipping* o concentración de clorofila se han encontrado en distintas especies de céspedes (Trenholm *et al.*, 1999;

Landschoot & Mancino, 2000; Rodríguez & Miller, 2000; Richardson *et al.*, 2001; Bell *et al.*, 2002; Keskin *et al.*, 2004; Mangiafico & Guillard, 2005; Kruse *et al.*, 2006; Mangiafico & Guillard, 2006; Mangiafico & Guillard, 2007; Bremer *et al.*, 2011), lo que confirma el gran potencial de uso que tiene la detección remota para el manejo del N fertilizante y poder aconsejar de manera fiable la fertilización nitrogenada. Sin embargo, la información proporcionada por estos sensores es desafortunadamente sesgada por otros factores distintos del N (especie, cultivar, suelo, disponibilidad de agua, altura de corte, enfermedades, desgaste, tráfico, etc.) (Johnsen *et al.*, 2009). Para superar este obstáculo se utilizan procedimientos de normalización de los datos que se obtengan de los sensores remotos (Samborski *et al.*, 2009).

Los medidores remotos de clorofila por reflectancia tienen la capacidad de detectar el inicio de estrés de N antes de que sea visible para el ojo humano (Schepers *et al.*, 2006) y lo suficientemente temprano para corregir la deficiencia de N antes del deterioro del césped (Shapiro *et al.*, 2006). Los valores obtenidos son adimensionales y expresan el contenido relativo de clorofila en lugar del contenido absoluto por unidad de área foliar (Richardson *et al.*, 2002), indicando el estado actual de N en la planta, pero no prediciendo su futuro, ni indicando la cantidad de fertilizante nitrogenado que se debe aplicar (Samborski *et al.*, 2009).

La investigación en céspedes sobre riego y N ha mostrado que la reflectancia responde a ambos parámetros (Johnsen *et al.*, 2009). Según López-Bellido *et al.* (2011), algunos estudios han utilizado los sensores de reflectancia para detectar el estrés hídrico y mejorar el riego. Keskin *et al.* (2004) y Xiong *et al.* (2007) señalaron que las diferencias en la dosis de riego no impiden utilizar estos sensores como indicadores del estatus de N, ya que el efecto del N sobre las medidas de reflectancia es mayor que el del contenido de agua del suelo.

## 2 – OBJETIVOS

En este estudio se pretende optimizar el riego de las dos partes más importantes de un campo de golf, *green* y *fairway*, mediante la aplicación de diferentes dosis de riego en función de la evapotranspiración. La optimización se basará en el contenido de agua del suelo (consumo), la producción de biomasa aérea (*clipping*), la calidad estética del césped (calidad visual) mediante sensor remoto de reflectancia, y en el caso del *green* también en la distancia de rodadura de la bola.

De forma particular deben añadirse los siguientes objetivos a cada una de las dos zonas de un campo de golf. En el *fairway* se optimizará la dosis de riego en función de la especie y cultivar, estudiando 4 especies y 3 cultivares por especie. En el *green* la interacción de la dosis de riego con la dosis de nitrógeno fertilizante.

### 3 – MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1 – LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

Esta investigación se llevó a cabo en los años 2008 y 2009 en dos campos experimentales (*green* y *fairway*) situados en una parcela del Campus de Rabanales de la Universidad de Córdoba (37° 54' N, 4° 43' O, 135 m sobre el nivel del mar). El experimento del *green* fue establecido en el año 2006 y el del *fairway* en el 2007.

El primer campo está dedicado al *green* y tiene una superficie total de 798 m<sup>2</sup> (19,0 m x 42,0 m), y el segundo campo corresponde al experimento de especies y cultivares de céspedes aptos para los *fairways* de campos de golf, con una superficie total de 1110 m<sup>2</sup> (30,0 m x 37,0 m). A partir de ahora, al primer campo se le denominará experimento *green* y al segundo, experimento *fairway*.

Los experimentos están perfectamente nivelados y disponen de un drenaje interno en forma de espina de pescado y un drenaje perimetral con tubería de PVC corrugada y perforada de 100 mm de diámetro. Las tuberías de drenaje están enterradas con varias capas de grava de distinta granulometría. El perfil de suelo en el que se desarrollan las raíces tiene 30 cm y está formado por una mezcla de arena y turba rubia en la proporción 80/20 en volumen. Las características constructivas de ambos experimentos son conformes con la normativa USGA (USGA, 2004) sobre construcción de *greens*, con la única diferencia que la arena utilizada en el experimento *fairway* no fue la de la normativa. Este hecho se realizó a propósito para que aunque el suelo fuera clasificado como arenoso, contase con otras texturas más acorde con el tipo de arena utilizada en *fairways* de los campos de golf de mayor calidad.

El sistema de riego consiste en una red de aspersores distribuidos en triángulos equiláteros de 9,3 m de lado en el experimento *green* y 12 m de lado en el experimento *fairway*. En los vértices de cada triángulo están situados aspersores emergentes regulables en ángulo y radio, tipo Eagle Serie 351B (Rain Bird, Azusa, California), especiales para zonas deportivas. Para el riego de los pasillos y zonas que no son de ensayo propiamente dichas, está instalada una red de riego de difusores emergentes. Las necesidades de riego se controlaron mediante un autómata conectado a un ordenador, según la ET<sub>0</sub> diaria (método de Penman-Monteith) obtenida de la estación meteorológica situada junto a los campos experimentales.

El tiempo de aplicación de riego (T) se calculó mediante la ET del césped (ET<sub>C</sub>), la precipitación diaria (PP), el coeficiente de uniformidad (CU), el porcentaje de la ET<sub>C</sub> que se quiere cubrir (%) y la intensidad de riego (I).

$$\text{Riego a aplicar (R)} = [(ET_C \times \%) - PP] / CU$$

$$\text{Tiempo de riego (T)} = R / I$$

La  $ET_C$  se calculó multiplicando el coeficiente de cultivo del césped deportivo ( $k_c$ ) y la  $ET_0$  del césped. La  $k_c$  utilizada fue de 0,85, valor propuesto por la FAO para los céspedes (Allen *et al.*, 1998). Este valor también se encuentra dentro de los valores recomendados por Carrow (2006), quien establece para el césped de estación fría un  $k_c$  de 0,70 a 0,95 y para el césped de estación cálida un  $k_c$  entre 0,65 y 0,85.

Se calibró el sistema de riego dos veces al año (comienzo de primavera y mediados de verano), determinándose el coeficiente de uniformidad (CU) con el fin de garantizar la precisión del riego según la Irrigation Association (2005). Para ello fueron instalados once recipientes de plástico por parcela en el experimento *green* y cinco en el experimento *fairway*, distribuidos uniformemente dentro de las mismas, y se aplicó un riego de 15 minutos, midiéndose después el agua contenida en cada recipiente. Con las medidas de campo fueron calculados los siguientes índices:  $DU_{LQ}$  (lower quarter distribution uniformity) y  $DU_{LH}$  (lower half distribution uniformity) atendiendo a las siguientes ecuaciones:

$$DU_{LQ} = 100 \times (V_{LQ} / V_{avg}) \quad \text{y} \quad DU_{LH} = 38,6 + (0,614 \times DU_{LQ})$$

siendo  $V_{LQ}$  el volumen de agua recogido en el “lower quarter” de recipientes y  $V_{avg}$  el volumen medio de agua recogido por todos los recipientes. Los resultados de  $DU_{LQ}$  para cada triángulo de riego superaron el 80 %, valor establecido por la Irrigation Association (2005) como riego de uniformidad excelente. Para el cálculo del factor adimensional “Run Time Multiplier” (RTM), se emplearon los resultados de  $DU_{LH}$  de cada triángulo, que fue superior al 90 % en todos los casos, según la ecuación siguiente:

$$RTM = 100 / DU_{LH}$$

Los requerimientos de agua fueron multiplicados por este factor para satisfacer las necesidades de la planta, mitigando los efectos de una distribución no uniforme por parte del sistema de riego. Las pruebas se realizaron entre las 4:00 y las 7:00 horas de la mañana para evitar los efectos de deriva por el viento. Ello también permitió establecer la hora apropiada para el riego, que se estableció a las 6:00 horas de la mañana.

### 3.2 – DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental en ambos casos fue un *split-plot* en bloques completos al azar con tres repeticiones. En el experimento *green* la parcela principal fue la dosis de riego (40, 60, 80 y 100 % de la  $ET_C$  diaria) y la sub-parcela la dosis de N aplicada cada

10 días (0, 3, 6, 9 kg/ha de N en verano e invierno, y 0, 5, 10, 15 kg/ha de N en primavera y otoño). En el experimento *fairway* la parcela principal fue la dosis de riego (40, 70 y 100 % de la  $ET_C$  diaria) y la sub-parcela la especie-cultivar. Se experimentó con 4 especies y 3 cultivares por especie: (i) bermuda (*Cynodon dactylon*), cv. LaPrima, Yukon y 01-201; (ii) festuca alta (*Festuca arundinacea*), cv. Grande II, Scorpiones y 05-158; (iii) festuca rubra (*Festuca rubra*), cv. Farinelli, Greenlight y Valdora; (iv) raygrass (*Lolium perenne*), cv. Applaud, Regal 5 y Tetragreen. En el experimento *green* la especie utilizada fue *Agrostis stolonifera* (cv. L-93). El tamaño de la parcela unitaria en el experimento *green* fue de 3,3 m x 1,5 m y de 1,5 m x 1,5 m en el experimento *fairway*. El resto del área experimental del experimento *fairway* se sembró de festuca rubra.

### 3.3 – OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

Las operaciones de mantenimiento en los dos experimentos se mantuvieron de acuerdo con las prácticas de manejo estándar de la región, pero teniendo en consideración que, según Rist & Gaussoin (1997), los *greens* constituyen menos del 3 % de la superficie de un campo de golf, y sin embargo requieren casi el 10 % del tiempo total de corte y el 60 a 70 % de todos los gastos en abonos y productos químicos. Los *greens* también reciben otros tratamientos que raras veces, o nunca, son realizados en *fairways*, *tees* o *roughs*.

Los tratamientos herbicidas, insecticidas y fungicidas que pudieron derivarse de algún problema específico en algún de los experimentos fueron aplicados utilizando las materias activas y las dosis necesarias y recomendadas en cada caso, sin que existiese para ello ningún tipo de calendario de actuaciones predeterminado.

Para la aplicación de los fertilizantes líquidos y todos los plaguicidas en la totalidad de la superficie de ambos experimentos se utilizó el pulverizador de ruedas EvenSprey 300 (Supaturf – Vitax, Ltd. Coalville, Leicester, Reino Unido), accionado eléctricamente (batería de 18 amperios/hora), con una barra de pulverización doble de 1,6 metros, 4 boquillas y capacidad de 30 litros.

#### • Experimento *Green*

La fertilización con fósforo y potasio fue común a todas las parcelas y se realizó quincenalmente con los fertilizantes Codaphos Mg (58,4 %  $P_2O_5$  + 14,6 % MgO) y Codafol K35 Acid (35 %  $K_2O$ ), a las dosis estimadas en función de la estación del año y el estado general del césped. Las dosis promedio anuales fueran de 140 kg/ha de potasio

y 70 kg/ha de fósforo. El potasio se aplicó preferentemente en los períodos de verano e invierno y el fósforo principalmente en primavera. El N se aplicó como nitrato amónico 34,5 %.

Además se utilizaron Codamix (complejo quelatado de microelementos, enriquecido con N), Codamin-Radicular (5,8 % aminoácidos libres + 3,0 % N + 6,9 %  $P_2O_5$  + 4,1 %  $K_2O$ ) y Codasul pH (22,8 % N + 60,8 %  $SO_3$  soluble en agua).

El corte del experimento *green* se realizó 6 días a la semana a una altura de 4 mm y se retiró el *clipping*. Se utilizó un cortacésped helicoidal Greensmaster 1000 (The Toro Company, Bloomington, Minnesota), específico para *greens* (anchura de corte 53 cm, molinete con 11 cuchillas y frecuencia de corte de 4,1 mm). Diariamente se cambió la dirección de corte, optándose por cortar el césped en el sentido de las agujas del reloj, para así evitar lo más posible el *grain*. El *grain* es el fenómeno que sucede generalmente cuando se realiza el corte del césped siempre en la misma dirección, quedando los estolones en crecimiento acostados, de modo que lo que crece escapa a la cuchilla del cortacésped. Semanalmente y durante la primavera y el verano, conjuntamente con el cortacésped helicoidal, como accesorio delantero se utilizó el *grooming* (Greensmaster 1000 Accessories – Grooming Options Modelo No. 04131, The Toro Company, Bloomington, Minnesota) para intentar corregir o prevenir el desarrollo de *grain* y, en cierta manera, el *thatch*. El *grooming* (o corte vertical superficial) es una práctica poco severa de corte vertical del césped (3 mm de profundidad) que se utiliza comúnmente en los *greens*. El *grooming* “araña” o corta los estolones de manera que produce el desarrollo de nuevos brotes y elimina el *thatch* próximo de la superficie (McCarty *et al.*, 2005). El *grooming* produce unas hendiduras poco visibles en el césped y requiere la eliminación de los residuos.

El escarificado (*verticutting* o corte vertical) se realizó dos veces al año, en marzo y septiembre, con una escarificadora autopropulsada Sisis Auto Rotorake Mk. 4 (Sisis Machinery, Kirk Langley, Derbyshire, England), con una anchura de trabajo de 46 cm, 24 cuchillas de tungsteno espaciadas a 18 mm, variando las profundidades de escarificado entre 0,6 y 3,2 cm conforme las necesidades y la apariencia del césped. El escarificado es un corte vertical más severo y profundo de la superficie del césped, implicando la extracción de biomasa (Rieke & Murphy, 1989; Barton *et al.*, 2009; Summerford *et al.*, 2009), teniendo la función de abrir la “malla” de césped, reducir el acolchado del suelo y el excesivo *thatch*, con el objetivo de mejorar la calidad del césped. Los recortes producidos, más los restos vegetales y materia orgánica, se eliminaron del suelo del *green*, mediante el uso del cortacésped. Fue seguido por un riego inmediato para evitar la deshidratación de la zona radicular (Trenholm *et al.*, 2011) y de un recebado (Hollingsworth *et al.*, 2005).

Se efectuaron 2 pinchados (*coring* o aireación) al año (al final del invierno y en el otoño temprano) que consistieron en la extracción mecánica de pequeños y finos cilindros de suelo y césped (6,4 a 19 mm de ancho y una profundidad de 5 a 10 cm) desde la superficie del césped, con el fin de descompactar, airear las raíces y eliminar la

acumulación de *thatch* en la capa superficial del suelo. Se utilizó una máquina pinchadora (John Deere Aercore 800, Deere & Company, Moline, Illinois), con una anchura de trabajo de 80 cm y profundidad de trabajo hasta 89 mm. Una vez extraídos, los pequeños cilindros fueron recogidos y eliminados de la superficie del *green*. También se aplicó un recebado en el mismo día del pinchado, repartiendo una capa consistente de aproximadamente 0,5 cm de arena, que se cepilló para incorporarla, y posteriormente se regó. Aproximadamente hasta 15-20 días después del pinchado no se tomaron medidas y las parcelas de 0 kg/ha de N recibieron fertilizante nitrogenado para facilitar su recuperación. Antes de reiniciarse las mediciones, se regó en exceso para reducir el contenido de nitrato del suelo por lixiviación.

El recebado se realizó en la época de crecimiento y con mayor intensidad en el experimento *green* ( $\approx 16$  recebos/año) que en el experimento *fairway* ( $\approx 8$  recebos/año). Consistió en esparcir una capa de arena finamente tamizada en el césped y posterior incorporación de la misma mediante un cepillo especial, seguido de un breve riego. La capa de arena no debe ser tan gruesa que entierre por completo a la planta, pero suficiente para que entierre todos los nuevos estolones que la planta crea. En esta operación se utilizó un *top dresser* (recebadora) auto propulsado Sisis Autospred (Sisis Machinery, Kirk Langley, Derbyshire, England) con una anchura de trabajo de 83 cm y una tolva con 0,26 m<sup>3</sup> de capacidad.

Además se aplicaron otros productos fitosanitarios en función de las necesidades: (i) los insecticidas Lambda-Cihalotrina y Clorpirifos; (ii) los fungicidas Iprodiona, Azoxistrobina y Mancozeb; y (iii) el humectante Primer Select (Aquatrols).

### • Experimento *Fairway*

En todo el experimento la fertilización se realizó uniformemente mediante la aplicación de abonos compuestos NPK de liberación lenta (isobutilidendiurea o IBDU) del tipo Floranid Eagle 24-05-10 y Floranid Eagle K 12-06-24. Se aplicaron mensualmente a las dosis estimadas en función de la estación del año y el estado general del césped. Las dosis promedio anual fueron: 170, 60 y 115 kg/ha de N, P y K, respectivamente. Además se aplicaron los siguientes fertilizantes conteniendo micronutrientes y otros complejos nutritivos, especialmente en período de estrés: Codamin-Radicular, Codamix, Codaphos Mg y Codasul pH.

Se realizaron 3 cortes por semana durante la época de los experimentos a una altura de 15 mm, dejándose el *clipping* en el suelo. Se utilizó un cortacésped helicoidal Greensmaster 1600 (The Toro Company, Bloomington, Minnesota), con una anchura de corte de 66 cm, molinete de 8 cuchillas de acero al carbón y una frecuencia de corte de 5,8 mm.

Al igual que en el experimento *green*, se utilizaron otros productos fitosanitarios en función de las necesidades: (i) los insecticidas Lambda-Cihalotrina y Clorpirifos; (ii)



los fungicidas Iprodiona, Azoxistrobina, Mancozeb, Clorotalonil y Metil Tiofanato; (iii) los herbicidas, pertenecientes al grupo químico fenoxiacético, MCPA y 2,4-D; y (iv) el humectante Primer Select (Aquatrols).

### 3.4 – DETERMINACIONES

Para cada experimento se realizaron las siguientes determinaciones: (i) en el experimento *green*, contenido de agua del suelo, producción de biomasa aérea (*clipping*), calidad estética del césped mediante el contenido de clorofila (verdor) y distancia de rodadura de la bola; (ii) en el experimento *fairway* fueron contenido de agua del suelo, producción de biomasa aérea (*clipping*) y calidad estética del césped mediante el contenido de clorofila (verdor). La temporalidad de la toma de muestras fue diferente en ambos experimentos debido a que el experimento *fairway* solo se midió durante el verano, ya que se trataba de un experimento de respuesta al riego, y el experimento *green* se midió todo el año al existir un tratamiento de suma importancia todo el año como es la dosis de N. Aunque se podría haber estudiado las diferencias de comportamiento entre especies-cultivares en las otras estaciones del año, el bajo nivel de mantenimiento del *fairway* y la ausencia de cualquier estrés lo desaconsejó, así como que una de las principales especies, la bermuda, entra en latencia de mitad de otoño a mitad de primavera.

El contenido de agua del suelo se midió utilizando la sonda Field Scout TDR 300 (Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, Illinois) a la profundidad de 0-12 cm justo antes de la aplicación del riego diario. En el experimento *green* se realizaron siempre 3 medidas por parcela y 2 en el experimento *fairway*. El número total de veces que se midió el contenido de agua en el verano de los dos años de estudio en el experimento *green* fue de 53, mientras que en el experimento *fairway* fueron 24 veces.

El corte de biomasa aérea (*clipping*) se realizó con el cortacésped correspondiente en cada uno de los experimentos, recogiendo el césped cortado de cada parcela unitaria y limpiando la máquina para recoger la siguiente parcela. En el experimento *green* la superficie de muestreo fue de 1,5 m<sup>2</sup> y en el experimento *fairway* de 0,6 m<sup>2</sup>. Previo al corte, se limpió con una aspiradora portátil la superficie de muestreo para eliminar restos de *clipping* de cortes anteriores. Las muestras se secaron en estufa a 80 °C durante 48 horas y posteriormente fueron pesadas. Esta medida estima la producción de materia seca desde el último corte. El *clipping* se midió en el experimento *green* el siguiente número de veces durante los 2 años de estudio: 20 en verano, 16 en primavera, 24 en otoño y 16 en invierno. En el experimento *fairway* se realizaron 12 mediciones en los 2 veranos en que se llevó a cabo el experimento.

La calidad estética del césped se evaluó con el medidor remoto de reflectancia Field Scout CM 1000 (Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, Illinois). Todas las medidas fueron tomadas a pleno sol entre las 12:00 y las 14:00 horas con las hojas del césped secas. En las parcelas del experimento *green* se tomaron 5 medidas y en el experimento *fairway* 3 medidas de las que se obtuvo el valor medio. Los datos obtenidos oscilan entre 0 y 999, siendo éste el intervalo entre la mínima y máxima concentración de clorofila, teniendo en consideración que es una medida adimensional. Las lecturas, obtenidas paralelamente a la superficie del césped, se realizaron mirando hacia el sol y manteniendo el aparato aproximadamente a 1,5 m de la cubierta del césped (Mangiafico & Guillard, 2007). Todas las medidas fueron normalizadas para ajustar la variación no asociada a los factores de estudio en cada experimento. Los valores de todos los tratamientos fueron divididos por el máximo valor dentro de cada repetición y día para obtener el valor normalizado, el cual se expresa como decimal (Peterson *et al.*, 1993). El número de veces que se midió en los dos años de estudio en el experimento *green* fueron: 33 en verano, 21 en primavera, 22 en otoño y 15 en invierno. En el experimento *fairway* se realizaron 24 mediciones en los 2 veranos en que se llevó a cabo el experimento.

La distancia de rodadura de la bola es comúnmente aceptada como un aspecto importante de la calidad de juego del *green* (Salaiz *et al.*, 1995). Los golfistas están más preocupados por la velocidad de los *greens* que cualquier otro aspecto del campo de golf. En la década de 1970, la United States Golf Association (USGA) reconoció que la velocidad del *green* es un aspecto importante del juego de golf y encargó el desarrollo de un instrumento que podría ser usado para medir la velocidad de un *green*, el *stipmeter*. En el año 2004 se estrenó un *stipmeter* de mayor precisión y más orientado a la investigación, denominado Pelzmeter (Pelz Golf Institute, Independent Golf Research, Inc., Spicewood, Texas) (Richards *et al.*, 2009). El Pelzmeter consistente en una estructura inclinada y calibrada por la que se deslizan 3 bolas de golf. En cada parcela del *green* se hacen rodar las 3 bolas en los dos sentidos (Richards *et al.*, 2010; Mateus, 2011). Las seis distancias recorridas por las bolas se promediaron para determinar una sola distancia recorrida por la bola en cada parcela. Esta determinación se realizó en el experimento *green* el siguiente número de veces en los dos años: 61 en verano, 24 en primavera, 16 en otoño y 13 en invierno, cuando la cubierta del césped estaba seca al mediodía.

Finalmente, se realizaron 4 pruebas de tolerancia al estrés hídrico en el experimento *fairway*. Se realizaron dos pruebas en cada uno de los veranos de estudio. La prueba consistió en dejar de regar hasta que se detectara visualmente los efectos del estrés hídrico, lo cual se produjo el día 6. Durante las pruebas de estrés se midió diariamente el contenido de agua del suelo y la calidad estética del césped.

### 3.5 – ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A todos los parámetros medidos se les realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de acuerdo con los diseños experimentales mencionados anteriormente. Las medias se compararon mediante el test de la mínima diferencia significativa protegida (LSD) de Fisher a  $p < 0,05$ . El programa Statistix v. 8.1 (Analytical Software, 2005) se usó para este propósito. En el experimento *green* se trabajó por estaciones al ser más importantes que el factor año. En el experimento *fairway* se realizaron dos tipos de análisis: (i) para comparar especies (promediando los cultivares de cada especie); (ii) para comparar cultivares. En este experimento tampoco se trabajó con el año, al ser especies perennes, trabajar sólo en verano y tener controlado el principal factor limitante por medio del riego; el análisis estadístico se redujo simplemente a fecha de toma de la medida. Además se realizó ANOVA para las pruebas de estrés hídrico.

## 4 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 – CONDICIONES CLIMÁTICAS

Los parámetros relacionados con el clima (promedio de 30 años) son los siguientes: precipitación media anual 535 mm (44,1 % de octubre a diciembre, 29,4 % de enero a marzo, 20,9 % de abril a junio y 5,6 % de julio a septiembre); evapotranspiración media anual (Thornthwaite) 944 mm; duración media del periodo seco 5 meses; temperatura media anual 17,7 °C; temperatura media del mes más frío (enero) 9,2 °C; temperatura media del mes más cálido (julio y agosto) 27,2 °C; duración media del periodo frío o de heladas (criterio de Emberger) 4 meses; duración media del periodo calido ( $T > 30$  °C) 4 meses.

Los datos referentes al periodo de realización de los dos experimentos fueron obtenidos de la Estación Meteorológica del Campus Universitario de Rabanales de la Universidad de Córdoba, localizada a escasos metros de los experimentos (Tabla 2). El total de precipitación - evapotranspiración durante los años de estudio fue de -812 mm y -854 mm, en 2008 y 2009, respectivamente. El número de días con temperatura máxima diaria por encima de 35 y 30 °C fueron 56 y 97 días, 50 y 104 días, para cada año de estudio, respectivamente.

**Tabla 2** – Datos meteorológicos mensuales en los 2 años de estudio.

Meses	Temperatura media del aire (°C)			Precipitación (mm)			ETo (mm) (Penman-Monteith)	
	2008	2009	Media 30 años*	2008	2009	Media 30 años*	2008	2009
Enero	9,7	6,1	9,2	71	69	64	40	44
Febrero	10,2	8,1	10,9	45	95	53	64	66
Marzo	11,5	11,6	13,5	3	71	40	109	102
Abril	14,2	12,6	15,4	202	42	61	125	132
Mayo	16,2	18,4	19	56	9	34	133	190
Junio	24,7	23,6	23,5	7	6	17	205	219
Julio	27,1	26,5	27,2	48	0	3	225	261
Agosto	27,6	26,8	27,2	0	0	3	211	234
Septiembre	20,3	21,7	24	45	14	24	138	148
Octubre	16	18,5	18,5	70	49	62	103	109
Noviembre	8,3	11,8	13,2	50	23	85	63	73
Diciembre	5,7	7,9	10,2	48	387	89	41	41
Año	16	16,1	17,7	645	765	535	1457	1619

Fuente: Estación Meteorológica del Campus Universitario de Rabanales de la Universidad de Córdoba (2008 y 2009) y Agencia Estatal de Meteorología – Observatorio del Aeropuerto de Córdoba (periodo 1971-2000)\*

La temperatura media diaria del aire de mayo a octubre de los dos años de ensayo fue similar (promedio 22,0 y 22,6 °C en 2008 y 2009 respectivamente), siendo en otoño (octubre a diciembre) de 2008 2,7 °C más fría que en el año 2009. La precipitación total fue casi 300 % superior durante mayo a octubre de 2008 (226 mm) de que 2009 (78 mm).

## 4.2 – EXPERIMENTO GREEN

Según López-Bellido *et al.* (2012) son muy pocos los estudios en los *greens* de campos de golf que relacionen los valores absolutos o relativos de medidores de reflectancia con el contenido de agua del suelo, la producción de biomasa aérea (*clipping*), la calidad estética del césped y la distancia de rodadura de la bola, lo que hace difícil comparar nuestros resultados con otros estudios. A la vez, los tratamientos de N, tal como refirieron Kruse *et al.* (2006) resultan en una amplia gama de respuestas para estos parámetros.

### 4.2.1 – Contenido de agua del suelo

En contra de las recomendaciones de Madison & Hagan (1962), Beard (1973) y Fry & Huang (2004) que refieren que un riego profundo y poco frecuente se recomienda generalmente para el mantenimiento de los céspedes de estación fría en verano, en nuestro experimento se regó a diario y se probaron 4 dosis de riego de 40, 60, 80 y 100 % de la  $ET_C$  diaria. Estas recomendaciones realizadas en condiciones climáticas muy diferentes a las de este trabajo, no han sido seguidas en la mayoría de los casos por los *greenkeepers* en España, debido fundamentalmente a que se producen secas por la mala calibración del sistema de riego.

El contenido de agua del suelo sólo se midió cuando el tratamiento de riego estuvo activo, es decir, durante los meses de verano. No obstante, se midió en algunas fechas de otoño, invierno y primavera durante el primer año, para ver si había un efecto de la dosis de N sobre el contenido de agua del suelo. Las medidas no mostraron resultados significativos, por lo que se decidió no medir más (datos no mostrados). El contenido de agua del suelo se vio afectado durante el verano por las dosis de riego y N, la fecha y las interacciones dosis de riego x fecha y dosis de N x fecha (Tabla 3).

**Tabla 3** – Análisis de la varianza (significación) estacional del efecto de la dosis de riego y de la dosis de N fertilizante durante los años 2008 y 2009 en un *green* de golf, sobre el contenido de agua del suelo a la profundidad de 0-12 cm, 24 horas después de regar, la producción de biomasa aérea (*clipping*) diaria, la calidad estética del césped medida mediante un Field Scout CM1000 (medidas normalizadas) y la distancia de rodadura de la bola.

Mediciones	Fuentes de Variación							
	Estación	Riego [R]	Nitrógeno [N]	R x N	Fecha [F]	R x F	N x F	R x N x F
Contenido de Agua del Suelo [0-12 cm]	Verano	*	**	ns	***	***	*	ns
Producción de Biomasa Aérea [ <i>Clipping</i> ]	Verano	ns	***	ns	**	ns	**	ns
	Otoño	ns	***	ns	***	ns	***	ns
	Invierno	ns	***	ns	***	ns	*	ns
	Primavera	ns	***	ns	***	ns	***	ns
Calidad Estética del Césped [Field Scout CM1000 Normalizado]	Verano	**	***	ns	***	***	***	ns
	Otoño	ns	***	ns	***	ns	***	ns
	Invierno	ns	***	ns	***	ns	*	ns
	Primavera	ns	***	ns	***	ns	***	ns
Distancia de Rodadura de la Bola [ <i>Pelzometer</i> ]	Verano	ns	**	ns	***	ns	**	ns
	Otoño	ns	***	ns	***	ns	***	ns
	Invierno	ns	***	ns	***	ns	**	ns
	Primavera	ns	***	ns	***	ns	**	ns

\*, \*\*, \*\*\* significación al valor de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente.

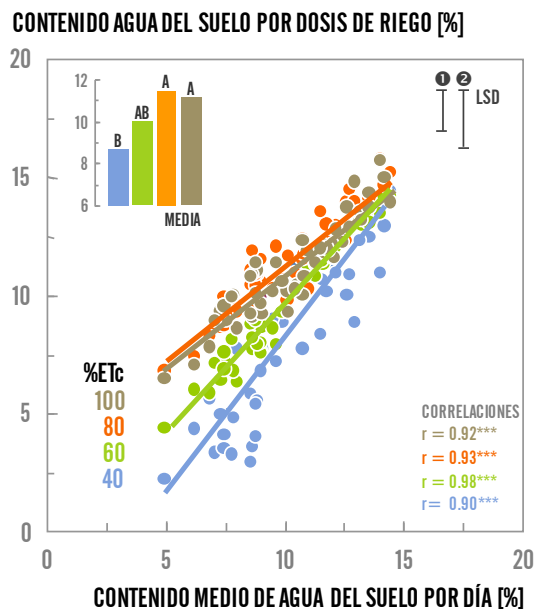
ns, no significativo.

El contenido de agua del suelo a la profundidad de 0-12 cm, 24 horas después de regar, muestra una reducción significativa a la dosis del 40 % de la  $ET_C$  respecto a la dosis de 100 y 80 % de la  $ET_C$ , mientras que estas tres dosis no se diferenciaron de la del 60 % de la  $ET_C$  (Figura 1). Los resultados medios son lógicos, únicamente hay que destacar que la aplicación de una dosis de riego diaria del 100 % de la  $ET_C$  es completamente inútil. Además, el exceso de riego ya fue referido (Beard, 1973) como siendo un problema para el vigor y la persistencia del césped, conduciendo a la reducción de la aireación del suelo, reducción del crecimiento de tallos y raíces, disminución de la concentración de clorofila y el aumento de la susceptibilidad a la temperatura, desecación y estreses por tráfico.

Tal como en nuestro estudio, DaCosta & Huang (2006) encontraron que la variación del contenido de agua del suelo depende del tratamiento (dosis) de riego. Nuestros resultados, en parte, van al encuentro de los de DaCosta & Huang (2006) que refieren que el riego al 80 % de la ET fue capaz de mantener el mismo contenido de agua del suelo que regando al 100 % de la ET en el verano; de igual modo, el riego al 40 % de la ET por lo general resultó en un inferior contenido de agua del suelo. Estos

autores van más lejos y sugieren que regar a un 60 % de la ET podría ser practicado para aumentar el uso eficiente del agua durante el verano. En los experimentos de DaCosta & Huang (2006b) la dosis del 100 % de la ET conservó la mayor humedad del suelo (en los nuestros fue la dosis del 80 %, pero de manera no significativa en relación con la dosis del 100 %) y la del 40 % de la ET mostró también una disminución significativa de la humedad del suelo en comparación con la dosis de 100 % de la ET. DaCosta & Huang (2006) y DaCosta & Huang (2006b) sugirieron entonces que el riego en 60 a 80 % de la ET podría ser practicado para la conservación del agua y para aumentar la eficiencia de uso del agua durante el verano.

De nuestro trabajo se puede concluir que el riego deficitario produjo un aumento de la eficiencia del uso del agua, principalmente constatado sobre el contenido de agua del suelo a la profundidad de 0-12 cm con la dosis de 80 % de la ET.



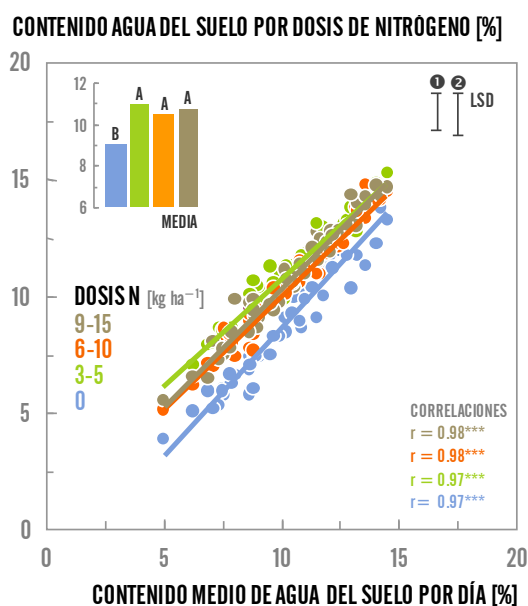
**Figura 1** – Efecto de la dosis de riego sobre el contenido medio de agua del suelo a la profundidad de 0-12 cm, 24 horas después de regar. El total de medidas realizadas en los veranos de 2008 y 2009 fue de 53. Los datos se representan en correlación con la media de cada día. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego; [2] entre diferentes dosis de riego.

No obstante, las condiciones de trabajo de DaCosta & Huang (2006) y DaCosta & Huang (2006b) fueron diferentes de las nuestras, pues ellos estudiaron durante dos años cuatro niveles de riego basados en el porcentaje de la ET (100, 80, 60, y 40 %) en condiciones de *fairway*, en un suelo franco arenoso, con el césped cortado tres veces por semana a una altura de 9,5 mm, siendo que las parcelas fueron regadas cada tres días. El contenido volumétrico de agua del suelo se midió semanalmente igualmente mediante TDR y el color de la cubierta del césped se evaluó de igual modo con un medidor de clorofila Field Scout CM1000. En nuestro estudio, el suelo probablemente habría sido mucho más seco que el franco arenoso de los experimentos de estos autores.

Habrá que ver los resultados de la producción de biomasa aérea (*clipping*), la calidad estética del césped y la distancia de rodadura da la bola para ver si la dosis óptima es la del 80 % o se puede bajar hasta el 60 % de la  $ET_C$ . Desafortunadamente no ha sido significativa la interacción riego x N para ninguno de los parámetros medidos; de haberlo sido permitiría sacar conclusiones de la mejor combinación dosis de riego y N (Tabla 3).

La interacción dosis de riego x fecha muestra importantes diferencias entre las fechas, donde se ve como la dosis más baja ha estado en varias fechas por debajo del 5 % de agua del suelo cuando la capacidad de campo es del 21 % (Figura 1). Además, se observa como las diferencias entre las dosis de riego se reducen y llegan a desaparecer a medida que aumenta el valor medio del contenido de agua del suelo por fecha; es decir, los días en los que la demanda evapotranspirativa fue menor. Los datos de la interacción ratifican que no tiene sentido aplicar el 100 % de la  $ET_C$ .

Krogman (1967) encontró que un aumento de la ET del césped fue resultado del aumento de la fertilización nitrogenada, mientras que en nuestros resultados no existen diferencias, excepto que la no aplicación de N produjo una reducción de la cantidad media de agua del suelo (Figura 2). Obviamente, esto fue debido a que el poco cierre de la cubierta que se produce al no aplicar N aumentó significativamente la transpiración. A diferencia de la interacción riego x fecha, en la interacción dosis de N x fecha las diferencias se mantienen prácticamente constantes independientemente de la fecha (Figura 2). Igualmente se observa que se pierde más agua con la dosis cero de N fertilizante y que el consumo de agua es el mismo independientemente de la cantidad de N fertilizante que se aplique.



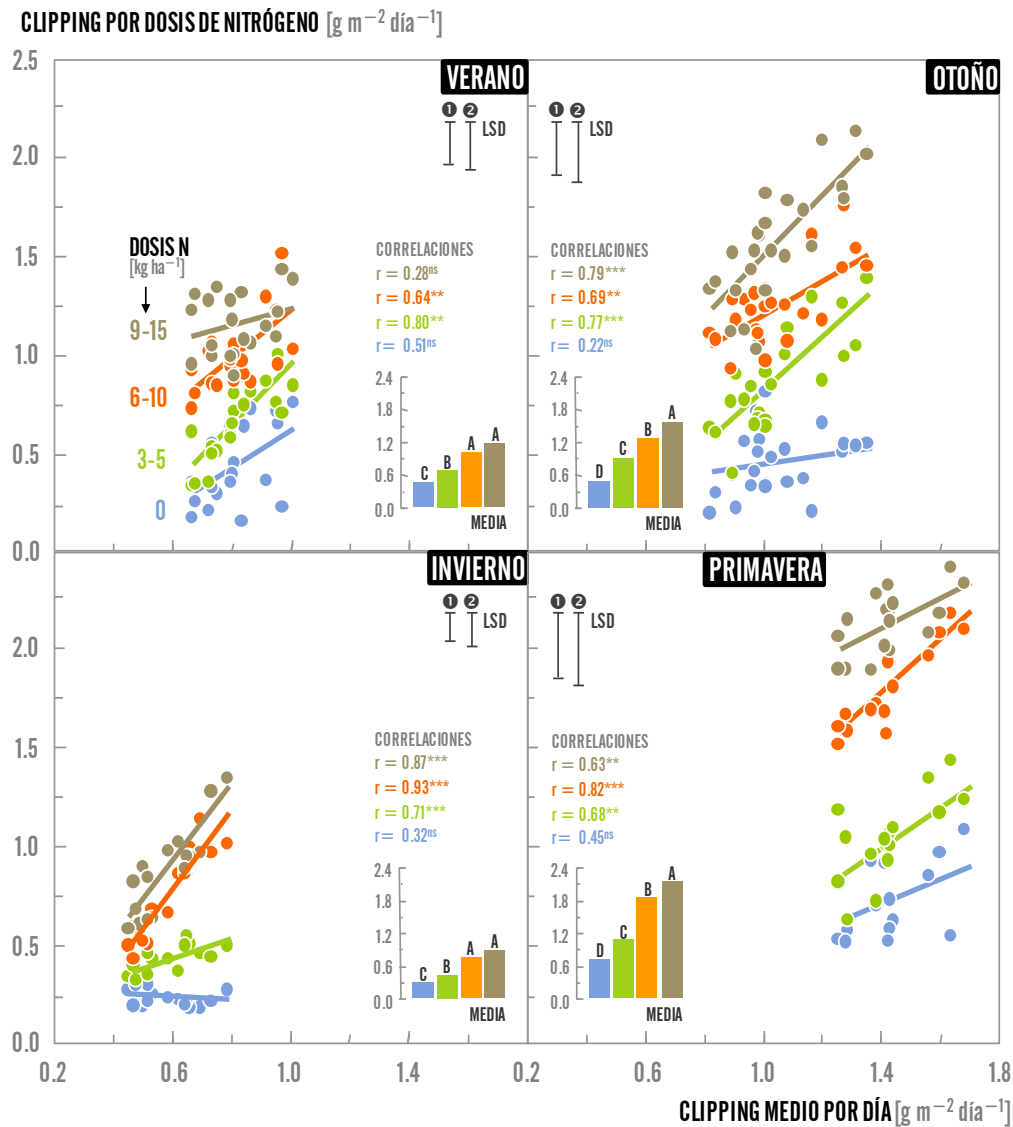
**Figura 2** – Efecto de la dosis de N fertilizante sobre el contenido medio de agua del suelo a la profundidad de 0-12 cm, 24 horas después de regar. El total de medidas realizadas en los veranos de 2008 y 2009 fue de 53. Los datos se representan en correlación con la media de cada día. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de N; [2] entre diferentes dosis de N.



#### 4.2.2 – Producción de biomasa aérea (*clipping*)

La producción de biomasa aérea (*clipping*) fue significativa para la dosis de N fertilizante y la interacción de esta con la fecha en todas las estaciones del año (Tabla 3). La dosis de riego no fue significativa en ninguna de las estaciones del año. El valor medio de *clipping* fue significativamente distinto entre todas las dosis de N en cada una de las estaciones, aumentando su valor al aumentar la cantidad de N fertilizante aplicada (Figura 3), lo que está de acuerdo con los resultados alcanzados por Keskin *et al.* (2004), Barton & Colmer (2006), Kruse *et al.*, 2006, Schlossberg & Schmidt (2007), Pease *et al.* (2011) y López-Bellido *et al.* (2012). Estos autores refieren también que el aumento de la producción innecesaria de *clipping* es frecuentemente un efecto indeseable del aumento de la fertilización nitrogenada en los *greens*, dado que incrementa los costes de mantenimiento, sobre todo (Mateus, 2011) a través de la necesidad de cortes más frecuentes.

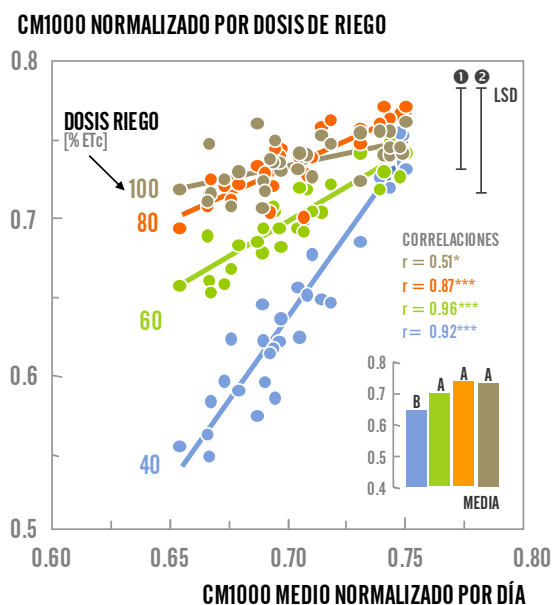
La mayor producción estacional de *clipping* se registró en primavera, seguida de otoño, verano e invierno. De igual forma, las mayores diferencias entre dosis de N fertilizante se dieron en las mismas estaciones. Esta diferencia puede explicarse en parte por el patrón de crecimiento estacional de los céspedes de estación fría que es máximo durante la primavera, disminuye significativamente a medida que las altas temperaturas de verano se llevan a cabo y aumenta de nuevo en el otoño, pero a un ritmo menor que en primavera (Christians, 2003; Moeller *et al.*, 2008). En primavera la producción fue muy superior para las dos aplicaciones más altas respecto a las dos más bajas; en otoño existen diferencias entre las cuatro dosis de N; en verano los resultados son similares a los de otoño en lo que respecta a la dosis de N, pero con valores más bajos de *clipping*; y finalmente en invierno no se observan diferencias entre las dos dosis más altas, mientras que las más bajas se diferencian cuando la producción de *clipping* por fecha es mayor; de hecho, cuando la producción de *clipping* es más baja apenas existen diferencias entre las cuatro dosis de N (Figura 3).



**Figura 3** – Efecto estacional de la dosis de N fertilizante sobre la producción de biomasa aérea (*clipping*). El total de medidas realizadas en los años de 2008 y 2009 fue de 20 en verano, 16 en primavera, 24 en otoño y 16 en invierno. Los datos se representan en correlación con la media de cada día. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar dentro de cada estación: [1] dentro de la misma dosis de N; [2] entre diferentes dosis de N.

#### 4.2.3 – Calidad estética del césped

La calidad estética del césped en el experimento *green* fue significativa para la dosis de N y la interacción dosis de N x fecha en las cuatro estaciones, y la dosis de riego y su interacción con la fecha en verano (Tabla 3). La media total mostró que solo se perdió calidad a la dosis del 40 % de la  $ET_C$ , mientras que en la interacción con la fecha se observa como cuando la calidad general del experimento fue buena no hubo diferencias entre dosis de riego, mientras que cuando fue baja, la dosis del 40 % de la  $ET_C$  mostró peor calidad que las otras dosis (Figura 4).



**Figura 4** – Efecto de la dosis de riego sobre la calidad estética del césped medida mediante el medidor de clorofila Field Scout CM1000 (lecturas normalizadas). El total de medidas realizadas en los veranos de 2008 y 2009 fue de 33. Los datos se representan en correlación con la media de cada día. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego; [2] entre diferentes dosis de riego.

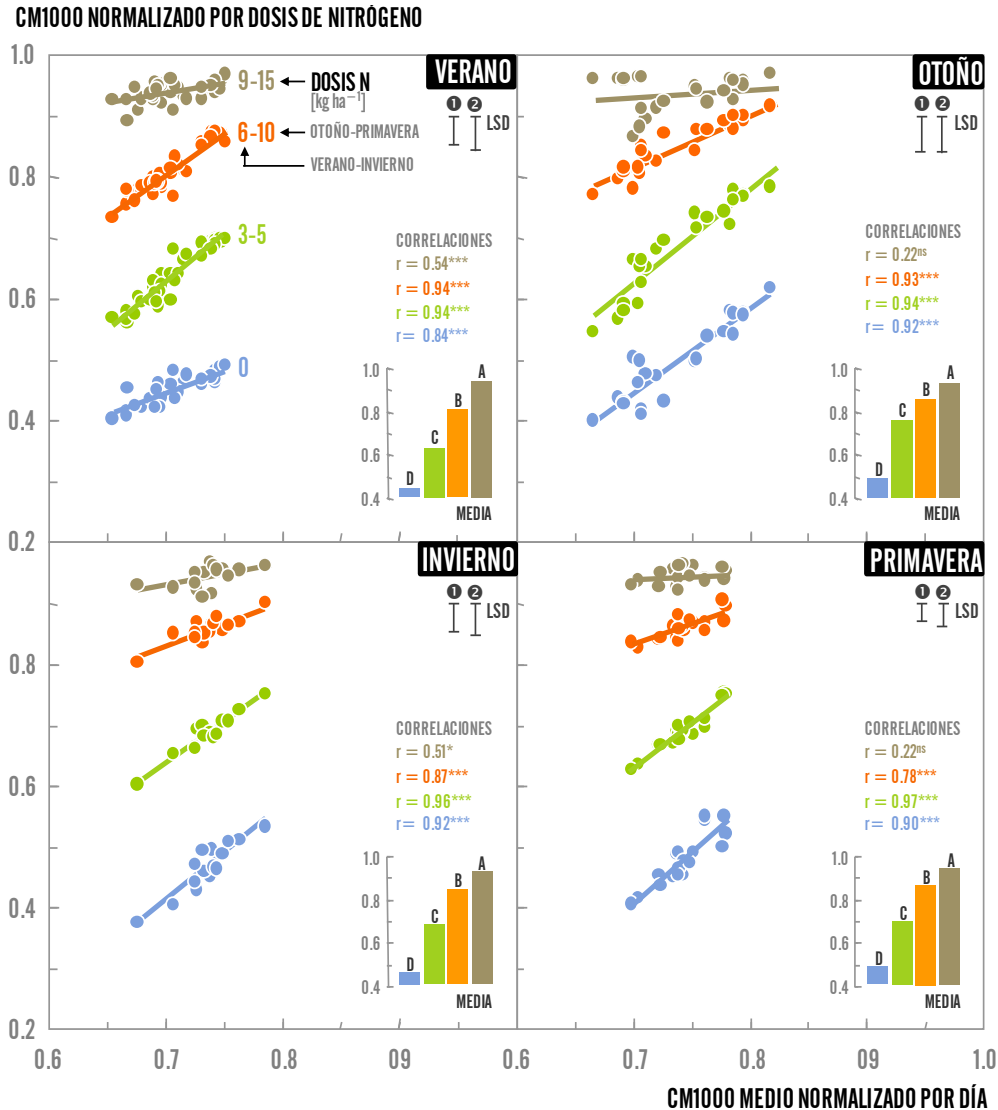
Este estudio demostró que la cultivar L-93 de *Agrostis stolonifera* en condiciones mediterráneas mantuvo un rendimiento aceptable del césped a dosis de riego de 60 y 80 % de la ET. Estos resultados sugieren que el riego a 100 % de la ET no era necesario incluso en nuestras condiciones típicamente altas de ET de verano, o sea, reduciendo la cantidad de riego en 20 y 40 % (dosis de 80-60 % de la ET) el *green* todavía fue capaz de mantener una alta calidad. Como consecuencia, se sugiere que *Agrostis stolonifera* (cv. L-93) puede ser eficazmente utilizada, en condiciones de *green*, mediante la práctica de riego deficitario a dosis de riego de 60 y 80 % de la ET, que se traducen en el ahorro de agua y de dinero.

Nuestros resultados y los de DaCosta & Huang (2006b) y Sass & Horgan (2006) están en concordancia, dado que estos autores también mencionan que el riego en 60 y 80 % de la ET (los primeros autores) y a 80 % de la ET (los segundos autores) mantuvieron una calidad del césped comparable al de 100 % de la ET en los tratamientos de riego deficitario de verano; sin embargo, el riego a 40 % de la ET también dio lugar a una disminución significativa en la calidad del césped.

También Johnsen *et al.* (2009) con tratamientos de riego de 20, 40, 60 y 80 % del valor de la ET, pero en condiciones de *fairway*, regando cada 3 días *Agrostis stolonifera* (cv. L-93) cortada a 14 mm de altura y usando el Field Scout TDR 300 con varillas de 12 cm de largo, encontraron que el riego a 80 % de la ET mantuvo la calidad del césped aceptable; a los tratamientos de 60, 40 y 20 % de la ET el césped se marchitó durante el verano.

El efecto de la dosis de N fertilizante sobre la calidad estética del césped fue similar en las cuatro estaciones, aunque el rango de variación por fecha fue mayor en otoño (Figura 5). El aumento de la calidad estética con la dosis de N mostró que nuestro

estudio está de acuerdo con el trabajo llevado a cabo por Schlossberg & Karnok (2001), corroborado por los de Kruse *et al.* (2006), Schlossberg & Schmidt (2007), Moeller *et al.* (2008), Johnsen *et al.* (2009), Pease *et al.* (2011) y López-Bellido *et al.* (2012). Los valores medios muestran diferencias entre todas las dosis en las cuatro estaciones. Si se analiza la interacción con la fecha se observa que en verano se produjeron diferencias entre todas las dosis en todas las fechas; mientras que en las otras estaciones hubo fechas en las que no existieron diferencias entre las dos dosis más altas.



**Figura 5** – Efecto estacional de la dosis de N fertilizante sobre la calidad estética del césped medida mediante el medidor de clorofila Field Scout CM1000 (lecturas normalizadas). El total de medidas realizadas en los años de 2008 y 2009 fue de 33 en verano, 21 en primavera, 22 en otoño y 15 en invierno. Los datos se representan en correlación con la media de cada día. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar dentro de cada estación: [1] dentro de la misma dosis de N; [2] entre diferentes dosis de N.

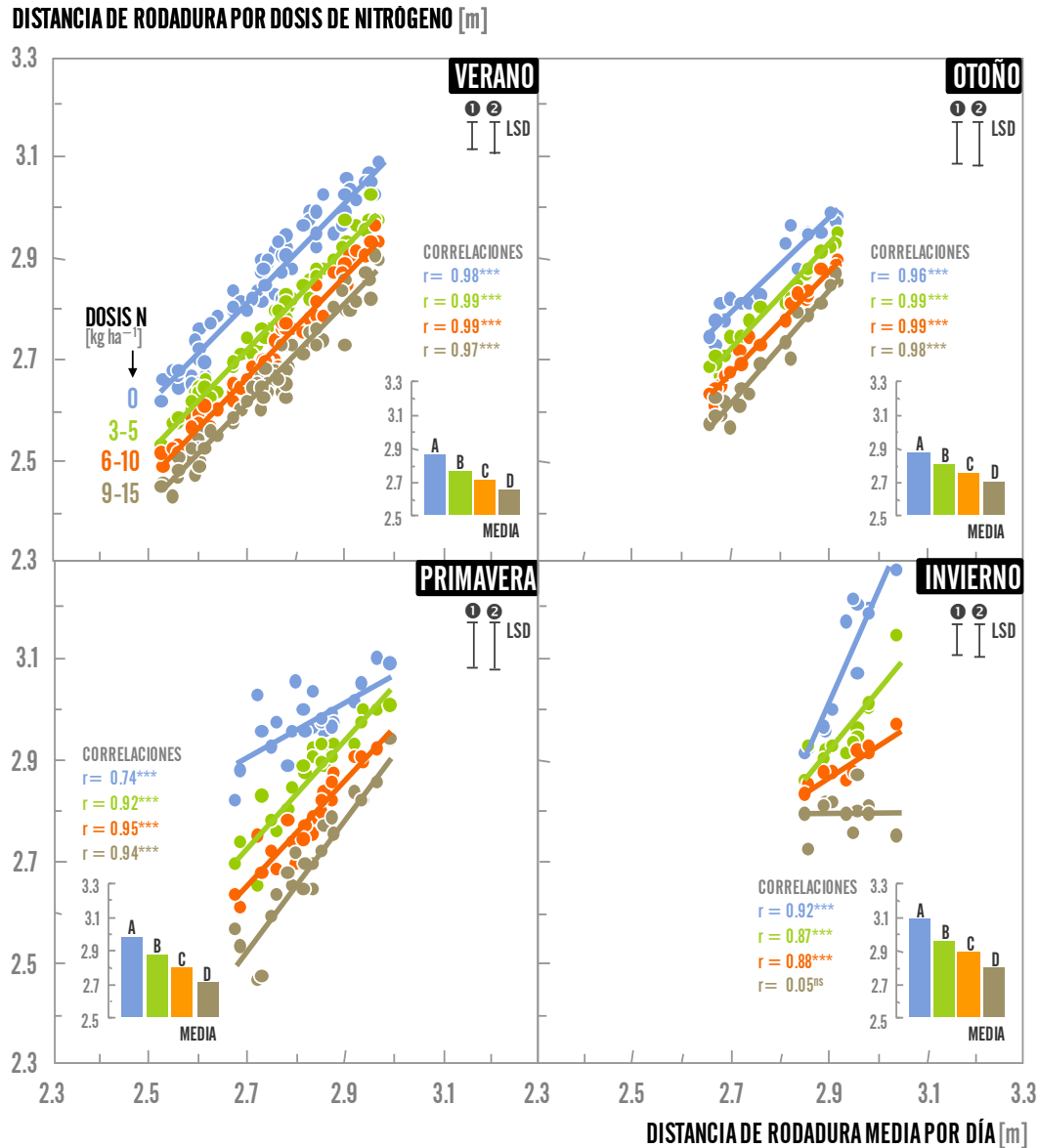
El tratamiento 0 kg/ha de N resultó en una calidad baja, mientras los tratamientos 3 y 5 kg/ha de N, en verano e invierno y primavera y otoño respectivamente, dieron lugar a una calidad aceptable, y los tratamientos 6 y 9 kg/ha de N en verano e invierno, y 10 y 15 kg/ha de N en primavera y otoño produjeron la más alta calidad. De aquí se puede concluir que puede ser posible lograr un *green* de *Agrostis stolonifera* de calidad con dosis de N tan bajas como 144 kg/ha/año en zonas radicales a base de arena, como es nuestro *green* USGA. Nuestros resultados advierten que fertilizar a altos valores de N para lograr un *green* de calidad estética aceptable dejará un exceso de N en el suelo que estará disponible para lixiviación.

#### 4.2.4 – Distancia de rodadura de la bola

La distancia de rodadura de la bola (o velocidad del *green*) es un término ampliamente utilizado para describir la calidad de juego del *green* (Salaiz, 1991) y su disminución es una función del crecimiento de los tallos (producción de *clipping*) en el intervalo entre cortes del césped (Schlossberg & Schmidt, 2007).

La distancia de rodadura de la bola fue significativa para la dosis de N, fecha y la interacción dosis de N x fecha en las cuatro estaciones (Tabla 3). Los valores medios muestran el descenso significativo de la distancia de rodadura de la bola al aumentar la dosis de N, con diferencias entre todas las dosis en las cuatro estaciones (Figura 6). Esta relación inversa entre la distancia de rodadura de la bola y la dosis de N en nuestro estudio fue consistente con datos anteriores (Streich *et al.*, 2005; Moeller *et al.*, 2008; Pease *et al.*, 2011; López-Bellido *et al.*, 2012) que refieren que un efecto negativo de un exceso de fertilización nitrogenada se relaciona con la calidad de juego, dado que la velocidad del *green* disminuirá a medida que aumenta la dosis de fertilizante N. Sin embargo, Koeritz & Stier (2009) trabajando con *Agrostis stolonifera* (cv. L-93) en un *green* con bajos *inputs* no obtuvieron resultados consistentes.

En todas las estaciones, la distancia de rodadura de la bola disminuyó cuando la dosis de N se incrementó. El *green* estuvo más rápido en invierno, seguido de primavera, otoño y verano. El análisis de la interacción dosis de N x fecha por estación muestra como no siempre se cumplen los resultados medios. En verano y otoño las diferencias de distancia de rodadura de la bola entre dosis de N permanecen más o menos constantes en las diferentes fechas, no existiendo en algunas fechas diferencias entre dosis consecutivas (Figura 6). En invierno, cuando la velocidad del *green* fue menor no existieron diferencias entre algunas dosis, mientras que cuando aumentó ésta hubo diferencias entre todas las dosis. Por el contrario, en primavera al aumentar la velocidad desaparecieron las diferencias entre dosis de N consecutivas.



**Figura 6** – Efecto estacional de la dosis de N fertilizante sobre la distancia de rodadura de la bola. El total de medidas realizadas en los años de 2008 y 2009 fue de 61 en verano, 24 en primavera, 16 en otoño y 13 en invierno. Los datos se representan en correlación con la media de cada día. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar dentro de cada estación: [1] dentro de la misma dosis de N; [2] entre diferentes dosis de N.

De acuerdo con los valores de referencia de la USGA presentados en la Tabla 4, la velocidad del *green* durante todo el experimento lo clasifica como “rápido” para la práctica de amateurs. Para competencias profesionales, la velocidad del *green* durante el invierno lo califica de “medio rápido” y durante las otras estaciones como “medio”. La mayor distancia de rodadura de la bola se ha verificado en la estación (invierno) que presentó menor producción de *clipping*.

**Tabla 4** – Valores de referencia sugeridos por la USGA (United States Golf Association) para la velocidad de los *greens*.

	Velocidad del <i>Green</i> (feet)	Velocidad del <i>Green</i> (feet)
	Amateurs	Competiciones Profesionales
<i>Green</i> Rápido	8'6" (259 cm)	10'6" (320 cm)
<i>Green</i> Médio Rápido	7'6" (229 cm)	9'6" (290 cm)
<i>Green</i> Médio	6'6" (198 cm)	8'6" (259 cm)
<i>Green</i> Médio Lento	5'6" (168 cm)	7'6" (229 cm)
<i>Green</i> Lento	4'6" (137 cm)	6'6" (198 cm)

Fuente: USGA (1990)

Sin embargo, la menor producción de *clipping* no siempre significa mayor velocidad del *green*, ya que otros factores están incluidos en este parámetro, como la presencia de *thatch*. La mayor cantidad de materia orgánica puede influir en la menor velocidad presentada por los *greens*, pues con niveles más altos de materia orgánica la capa superficial de los *greens* se queda más blanda (Mateus, 2011).

Conviene destacar que Moeller *et al.* (2008) en sus estudios indican que en respuesta a los deseos de los golfistas para altas velocidades del *green* se puede aplicar menos N, siendo esta estrategia de gestión arriesgada y pudiendo comprometer la salud de *Agrostis stolonifera* en los *greens* con mucho tráfico que crecen en ambientes estresantes y con la zona radicular creciendo en medios a base de arena que retienen poco los nutrientes.

## 4.3 – EXPERIMENTO FAIRWAY

### 4.3.1 – Estudio por especies

#### 4.3.1.1 – Contenido de agua del suelo

Para Youngner *et al.* (1981), Aronson *et al.* (1987a), Kim & Beard (1988), Fry & Butler (1989) y Fu *et al.* (2004), las necesidades de agua varían con las especies de césped, llevando a que, segundo DaCosta & Huang (2006a), el conocimiento de las necesidades de uso de agua de las diferentes especies sea importante para la identificación de aquellas que persistan con reducidas aportaciones de agua y también para el desarrollo de prácticas eficientes de gestión del riego.

**Tabla 5** – Análisis de la varianza (significación) del efecto de la dosis de riego, de la especie de césped de *fairway* y de la fecha, sobre el contenido de agua del suelo 24 horas después de regar a la profundidad de 0–12 cm, la producción de biomasa aérea (*clipping*) 2 días después del último corte y la calidad estética del césped medida mediante un Field Scout CM1000 (medidas normalizadas), en el experimento de riego óptimo.

Fuentes de Variación	Medidas		
	Contenido de Agua del Suelo [0–12 cm]	Producción de Biomasa Aérea [ <i>Clipping</i> ]	Calidad Estética del Césped [Field Scout CM1000 Normalizado]
Riego [R]	***	*	***
Especie [E]	***	***	***
R × E	***	**	*
Fecha [F]	***	*	**
R × F	ns	ns	ns
E × F	*	ns	ns
R × E × F	ns	ns	ns

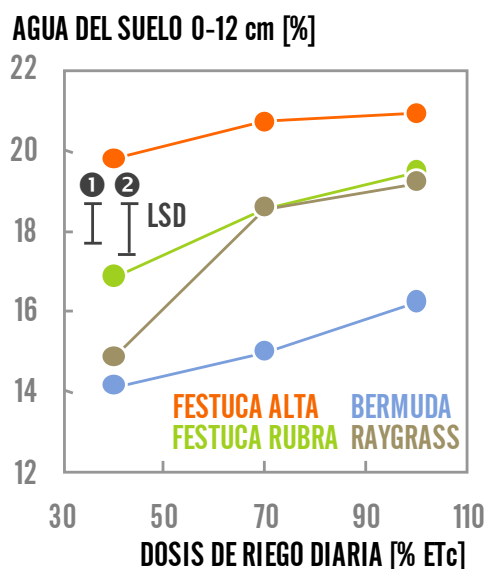
\*, \*\*, \*\*\* significación al valor de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente.

ns, no significativo.

El contenido de agua del suelo se vio afectado significativamente por la dosis de riego, especie, fecha y las interacciones riego x especie y especie x fecha (Tabla 5). Bajo las condiciones de este estudio, el agotamiento del contenido de agua del suelo, 24 horas después del último riego, a la profundidad de 0-12 cm, mostró que a las dosis de riego 100 y 70 % de la  $ET_C$  el consumo de agua fue mayor en el *Cynodon dactylon*, seguido del *Lolium perenne* y de la *Festuca rubra*, sin diferencias entre ambas especies, y la *Festuca arundinacea* fue la que menos agua consumió. A la dosis más baja, el mayor consumo correspondió al *Cynodon dactylon* y *Lolium perenne*, mientras la *Festuca rubra* y la *Festuca arundinacea* consumieron menos agua (Figura 7). El contenido de agua del suelo fue menor a las dos dosis más bajas en el *Cynodon dactylon*. El *Lolium perenne* y la *Festuca rubra* mostraron menos agua en el suelo a la dosis de 40 % de la  $ET_C$ . La *Festuca arundinacea* no se vio afectada por la dosis de riego (Figura 7).

El hecho de que haya sido una especie de clima cálido la que más agua ha consumido contradice lo afirmado por autores como Kneebone *et al.* (1992) y Carrow (2006). Esto puede ser debido a que, en nuestros experimentos, las mediciones realizadas solo engloban el periodo de verano y los autores antes citados consideraron todo el año para hacer el cálculo, incluyendo el invierno, donde el consumo del *Cynodon dactylon* es cero por encontrarse en latencia. Pero no se puede olvidar que en nuestras condiciones sólo es necesario el riego en verano. Si fuera necesario el riego en primavera y otoño por falta de precipitación, los resultados podrían ser muy diferentes.





**Figura 7** – Contenido medio de agua del suelo 24 horas después de regar, a la profundidad de 0-12 cm. Media de los cultivares de cada especie sobre un total de 24 medidas realizadas en los veranos de 2008 y 2009. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego; [2] entre diferentes dosis de riego.

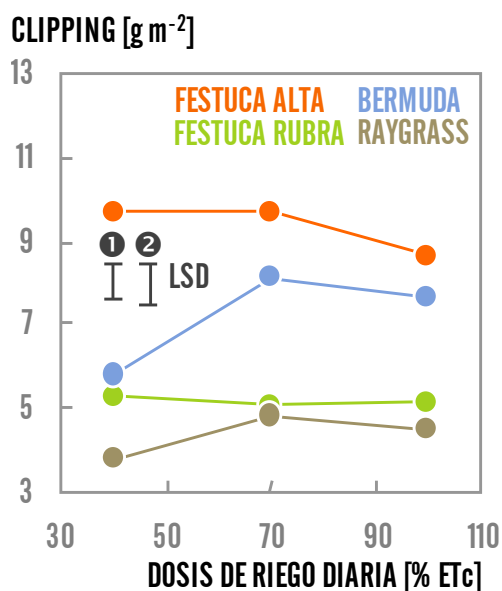
El hecho de que haya sido una especie de clima cálido la que más agua ha consumido contradice lo afirmado por autores como Kneebone *et al.* (1992) y Carrow (2006). Esto puede ser debido a que, en nuestros experimentos, las mediciones realizadas solo englobaban el periodo de verano y los autores antes citados consideraron todo el año para hacer el cálculo, incluyendo el invierno, donde el consumo del *Cynodon dactylon* es cero por encontrarse en latencia. Pero no se puede olvidar que en nuestras condiciones sólo es necesario el riego en verano. Si fuera necesario el riego en primavera y otoño por falta de precipitación, los resultados podrían ser muy diferentes.

Los resultados también están en oposición con los presentados por otros investigadores. Por ejemplo, Biran *et al.* (1981), Kneebone & Pepper (1982), Kim & Beard (1988) y Kenna & Horst (1993) indicaron que los céspedes de estación cálida permitían una reducción en el consumo de agua. Croce *et al.* (2003), en sus estudios durante un periodo de 5 años, describieron que las condiciones climáticas generales de las regiones del Mediterráneo, caracterizadas por la escasez de precipitaciones de mayo a octubre dictan la necesidad de utilizar céspedes de estación cálida con una tasa de uso del agua baja. Biran *et al.* (1981) y Kneebone & Pepper (1982) determinaron que las especies de césped de estación fría tenían mayores tasas de ET que las especies de estación cálida. Meyer & Gibeault (1986) en un trabajo de 28 meses de duración, concluyeron que las especies de estación cálida tenían un potencial mayor que las especies de estación fría en cuanto a la conservación del agua. Sin embargo, Kneebone & Pepper (1982), Kim & Beard (1988) y Qian *et al.* (1996), estos últimos con valores medios entre junio y septiembre, han demostrado que la *Festuca arundinacea* tenía una tasa de ET más alta que los céspedes de estación cálida. No obstante, el amplio enraizamiento de la *Festuca arundinacea* le confería una resistencia a la marchitez de la hoja equivalente a la del *Cynodon dactylon* x *Cynodon transvaalensis* y mejor que la de *Zoysia japonica*, en las condiciones de los experimentos de Qian *et al.* (1997), lo que puede explicar en parte los resultados obtenidos en nuestro experimento, además de que

estos trabajos se realizaron con bermuda híbrida y nuestro experimento se llevó a cabo con bermuda común.

#### 4.3.1.2 – Producción de biomasa aérea (*clipping*)

La producción de biomasa aérea (*clipping*) resultó significativa para la dosis de riego, la especie, la fecha y la interacción riego x especie (Tabla 5). Promediando sobre las dosis de riego, los resultados muestran que la producción de *clipping* fue la siguiente: *Festuca arundinacea* > *Cynodon dactylon* > *Festuca rubra* = *Lolium perenne*. Para la dosis de riego de 100 y 70 % de la  $ET_C$  los resultados fueron los mismos: no hubo diferencias entre la *Festuca rubra* y el *Lolium perenne*, mientras que la *Festuca arundinacea* fue la que más *clipping* produjo, seguida del *Cynodon dactylon*, del cual se diferenció significativamente (Figura 8). La respuesta a la dosis de riego varió de forma muy diferente según la especie: la *Festuca arundinacea* redujo significativamente su producción cuando el riego fue 100 % de la  $ET_C$ ; el *Cynodon dactylon* redujo significativamente la producción de *clipping* ya que hubo diferencias significativas entre la dosis de 40 % y las de 70 y 100 %, pero no entre la de 70 y la de 100 % de la  $ET_C$  y, por último, la *Festuca rubra* y el *Lolium perenne* no mostraron diferencia alguna para las distintas dosis de riego.



**Figura 8** – Producción media de *clipping* de las cuatro especies estudiadas, 2 días después del último corte. Media de los cultivares de cada especie sobre un total de 12 medidas realizadas en los veranos de 2008 y 2009. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego; [2] entre diferentes dosis de riego.

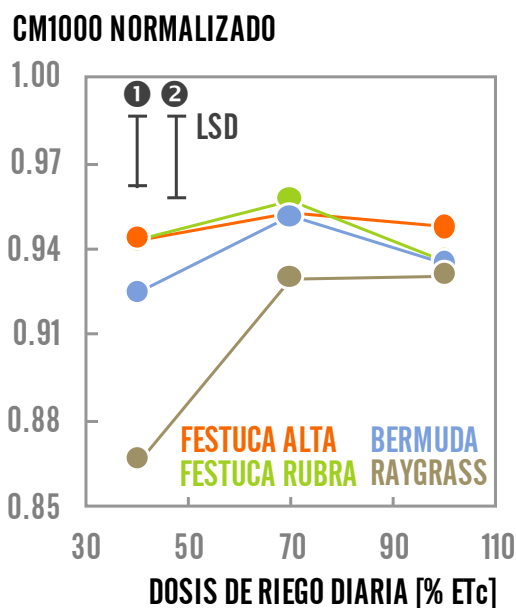
La cantidad de biomasa aérea producida nos da una idea del vigor de las plantas, a través de su tasa de crecimiento, y la necesidad de realizar, con mayor o menor

frecuencia, el corte del césped (Kopp & Guillard, 2002). Un tanto sorprendentemente, la dosis de riego más alta no proporcionó una respuesta coherente de crecimiento, dado que se previa un crecimiento mayor con la dosis de riego más alta, llevando a conjeturar que un posible exceso de agua (para la dosis de riego de 100 % de la  $ET_C$ ) indujo al desarrollo de un césped con un sistema radicular pobre y por tanto con poco vigor de crecimiento.

#### 4.3.1.3 – Calidad estética del césped

La calidad estética del césped fue significativa para la dosis de riego, la especie, la fecha y la interacción riego x especie (Tabla 5). La calidad estética no varió entre especies para la dosis de riego de 100 % de la  $ET_C$ . A la dosis de 70 %, el *Lolium perenne* mostró peor calidad que la *Festuca rubra*, pero no se diferenció del resto de las especies (Figura 9). A la dosis más baja, la calidad del *Lolium perenne* descendió drásticamente, pero no hubo diferencias entre el resto de las especies. Si se analiza el comportamiento de cada especie, se observa que únicamente el *Lolium perenne* perdió calidad con la dosis más baja de riego, mientras que para el resto de las especies la cantidad de agua aplicada fue indiferente desde el punto de vista estético. En conjunto, el *Lolium perenne* fue la especie que menor calidad mostró, seguida del *Cynodon dactylon*. Entre las dos *Festuca* no hubo diferencias significativas.

Los resultados están en concordancia con estudios realizados por otros investigadores. Así, por ejemplo, estudios conducidos por Harivandi (1984) mostraron como céspedes de estación fría como *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Poa pratensis* no redujeron su calidad cuando el riego se redujo del 100 al 80 % de la ET. Céspedes de estación cálida, *Paspalum vaginatum*, *Cynodon dactylon* x *C. transvaalensis* y *Zoysia japonica*, no mostraron diferencia significativa en la calidad cuando el riego fue del 100, 80 y 60 % de la ET. Según este autor, los resultados indican que el ahorro de agua de un 20 % para los céspedes de estación fría y 40 % para los de estación cálida se puede realizar sin afectar significativamente la calidad del césped. Gibeault *et al.* (1985) señalaron que *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis* y *Lolium perenne* produjeron la mejor calidad cuando fueron regados a 100 % de la ET, pero la calidad era sólo ligeramente inferior al 80 % de la ET. Fry & Butler (1989) demostraron que sólo una pequeña reducción en la calidad visual de la *Festuca arundinacea* se producía cuando era regada al 50 % de la ET en días alternos. Fu *et al.* (2004) mostraron que la *Festuca arundinacea* regada dos veces por semana mantiene aceptable calidad entre junio y septiembre en niveles de déficit de riego de 60 y 80 % de la ET. Los mismos autores señalaron que el *Cynodon dactylon* x *C. transvaalensis* y *Zoysia japonica* muestran el mismo nivel de calidad cuando se reduce el riego al 60 y 80 % de la ET.



**Figura 9** – Calidad estética del césped medida mediante el medidor de clorofila Field Scout CM1000 (lecturas normalizadas). Media de los cultivares de cada especie sobre un total de 24 medidas realizadas en los veranos de 2008 y 2009. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego; [2] entre diferentes dosis de riego.

De este primer análisis se deduce que la *Festuca arundinacea*, el *Cynodon dactylon* y la *Festuca rubra* pueden regarse al 40 % de la  $ET_c$  diaria sin que se pierda calidad, ahora bien el consumo del *Cynodon dactylon* es muy alto y la producción de *clipping* de la *Festuca rubra* muy pobre, dejando a la *Festuca arundinacea* como la mejor opción. De aquí surge el interrogante de hasta que nivel se puede reducir la dosis de riego a esta especie sin que se pierda calidad.

#### 4.3.1.4 – Pruebas de estrés hídrico

La prueba de estrés hídrico afectó significativamente a los siguientes efectos principales: experimento, riego, especie y día en lo que respecta al contenido de agua del suelo; y especie y día en la calidad estética del césped (Tabla 6). De las interacciones significativas las de mayor interés fueron: riego x especie x día para el contenido de agua del suelo y especie x día para la calidad estética del césped. Las pruebas de estrés hídrico mostraron que el contenido de agua del suelo bajó hasta el cuarto día, para después aumentar de nuevo hasta aproximadamente los niveles del inicio (Figura 10). Este hecho se debió a que el flujo evapotranspirativo hizo que subiera el agua por capilaridad desde las capas más profundas del suelo, donde el sistema radicular apenas está presente ( $> 15\text{cm}$ ), lo que coincide con las investigaciones realizadas por Huang & Fu (2001), quienes apuntaron que el estrés hídrico ocurre a menudo en la superficie del suelo, aunque a más profundidad en el perfil del suelo el contenido de agua puede ser adecuado. También McCoy & McCoy (2009) demostraron que en un perfil arenoso con un sistema de drenaje tipo USGA, la mayor pérdida de

agua corresponde a la evaporación, siendo menor la debida a la transpiración, ya que la producción de *clipping* no es muy alta. Además demostraron que el agua se reduce con la profundidad debido a que la fuerza de evaporación hace que el agua de las capas más profundas sea arrastrada a los horizontes más superficiales.

**Tabla 6** – Análisis de la varianza (significación) del efecto de la dosis de riego, de la especie de césped de *fairway* y del número de días sin riego, sobre el contenido de agua del suelo a la profundidad de 0–12 cm y la calidad estética del césped medida mediante un Field Scout CM1000 (medidas normalizadas), en el experimento de estrés hídrico.

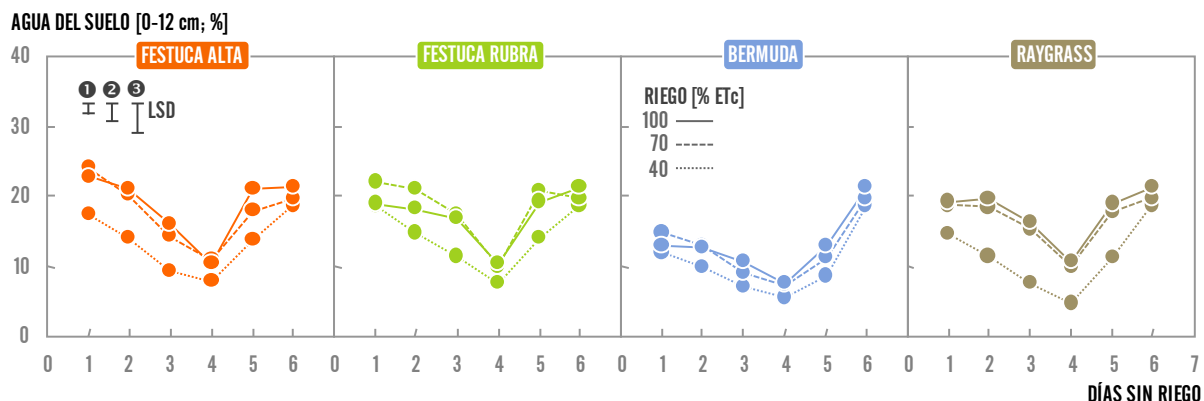
Fuentes de Variación	Medidas	
	Contenido de Agua del Suelo [0–12 cm]	Calidad Estética del Césped [Field Scout CM1000 normalizado]
Experimento [Exp]	*	ns
Riego [R]	*	ns
Exp × R	ns	ns
Especie [E]	***	**
Exp × E	ns	ns
R × E	***	*
Exp × R × E	*	ns
Día [D]	***	***
Exp × D	*	*
R × D	***	***
E × D	***	***
Exp × R × D	ns	ns
Exp × E × D	*	ns
R × E × D	***	ns
Exp × R × E × D	ns	ns

\*, \*\*, \*\*\* significación al valor de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente.

ns, no significativo.

Prácticamente para todas las especies, la comparación dentro de cada dosis de riego mostró como el contenido de agua del suelo varió significativamente tanto en el proceso de descenso como de ascenso (Figura 10). Comparar las distintas especies para la misma dosis de riego no resulta de mucho interés desde el punto de vista práctico, aunque se puede señalar, como ya se vio en el análisis del contenido de agua del suelo precedente, que el *Cynodon dactylon* y el *Lolium perenne* mostraron valores más bajos a la dosis del 40 % de la  $ET_C$ . El contraste más interesante de esta interacción triple es saber si para cada especie hubo diferencias entre las distintas dosis de riego durante la prueba de estrés hídrico. En la *Festuca arundinacea* la dosis menor fue significativamente menor en los 3 primeros días y en el quinto, aunque en este último no se diferenció de la dosis intermedia. En la *Festuca rubra* las dosis 70 y 40 % de la  $ET_C$  fueron diferentes el segundo, tercer y quinto día, aunque en el primer caso la dosis del 100 % no se diferenció de las otras, mientras que en los otros días no lo hizo con la

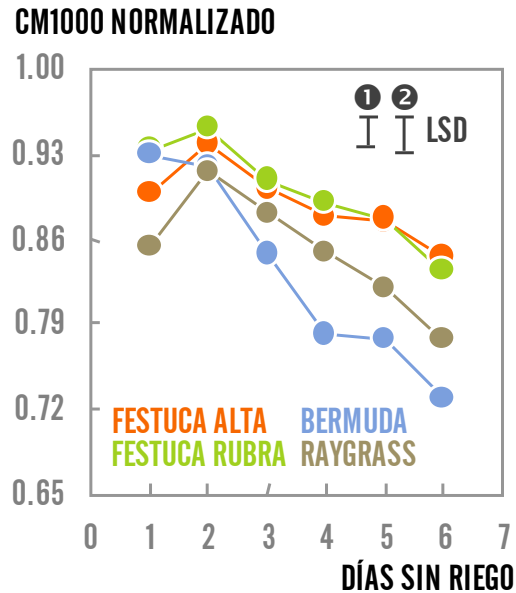
del 70 %. En el caso del *Cynodon dactylon* no hubo diferencias entre las dosis de riego en ninguno de los días. Finalmente, en el *Lolium perenne* la dosis más baja de riego mostró un menor contenido de agua del suelo que las otras dos, sin diferencias entre ellas, en todos los días menos el último.



**Figura 10** – Contenido de agua del suelo (0-12 cm) después de 6 días sin riego. Media de los cultivares de cada especie en 4 pruebas de estrés hídrico realizadas en los veranos de 2008 y 2009. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego y especie; [2] dentro de la misma dosis de riego; [3] entre diferentes dosis de riego.

Aunque el agotamiento del agua del perfil del suelo proporciona información sobre las pruebas de estrés hídrico realizadas, de más interés es el efecto que produce dicho estrés sobre las plantas. El estrés hídrico se ha asociado con una disminución en la calidad visual del césped (color), debido a una reducción del crecimiento radicular, potencial hídrico foliar, estabilidad de la membrana celular, tasa de fotosíntesis, eficiencia fotoquímica y acumulación de hidratos de carbono (Aronson *et al.*, 1987; Carrow, 1996a; Perdomo *et al.*, 1996; Huang *et al.*, 1998; Huang & Gao, 1999; Jiang & Huang, 2000). En este sentido, la Figura 11 muestra como cambia con los días la calidad estética de las distintas especies sometidas a estrés hídrico. Lo primero que hay que destacar es que en este caso no fue significativa la interacción dosis de riego x especie x día, sino la interacción especie x día (Tabla 6). Llama la atención que el máximo de calidad aparezca en el segundo día sin riego, a excepción del *Cynodon dactylon*, aunque este aumento sólo fue significativo en la *Festuca arundinacea* y en el *Lolium perenne*. A partir de este segundo día todas las especies experimentan una clara pérdida de calidad que es significativa para todas las especies el tercer día. Sin tener en cuenta el primer día, se observa que las especies que más sufren con el estrés hídrico son el *Cynodon dactylon*, seguida del *Lolium perenne* y finalmente la *Festuca arundinacea* y la *Festuca rubra*. El experimento finalizó en el momento en el que se registraron síntomas visuales de estrés hídrico en todas las especies (6 días). Sin

embargo, las lecturas del medidor remoto de clorofila Field Scout CM 1000, permitieron detectar pérdidas de calidad a partir del 2-4 día, es decir, antes que los daños fueran apreciables visiblemente.



**Figura 11** – Calidad estética del césped medida mediante el medidor de clorofila Field Scout CM1000 (lecturas normalizadas) después de 6 días sin riego. Media de los cultivares de cada especie en 4 pruebas de estrés hídrico realizadas en los veranos de 2008 y 2009. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma especie; [2] entre diferentes especies.

Los resultados obtenidos son contrarios a los obtenidos por otros autores en relación a los céspedes de estación cálida, ya que en general toleran mejor una disminución del riego aplicado (Biran *et al.*, 1981; Kneebone & Pepper, 1982; Meyer & Gibeault, 1986; Kim & Beard, 1988; Kenna & Horst, 1993; Croce *et al.*, 2003), presentan una mayor resistencia a la sequía (Beard, 1989; Dudeck *et al.*, 1993; Marcum *et al.*, 1995) y exhiben una mejor calidad del césped durante la sequía (Qian *et al.*, 1997) que los de estación fría y en particular la especie *Cynodon dactylon* (Burton *et al.*, 1954; Beard, 1989; Beard & Sifers, 1997a; Etemadi *et al.*, 2005; Richardson *et al.*, 2007). De los resultados se puede desprender que el riego no tiene que ser diario, pudiéndose realizar cada 2, 3 ó 4 días en función de la especie. Aunque esta hipótesis requiere ser contrastada con césped que se ha regado cada “x” días de forma continuada, ya que su arquitectura radicular podría ser diferente de la del riego diario aplicado aquí (Qian & Fry, 1996; Jiang & Huang, 2001b; Fu *et al.*, 2007). Según Harivandi (1984), algunos de los especialistas en césped recomiendan la aplicación de agua igual a la ET. Aún así, la investigación ha revelado que los céspedes necesitan agua en cantidades inferiores que la ET para mantener una calidad visual aceptable (Feldhake *et al.*, 1984; Harivandi, 1984; Gibeault *et al.*, 1985; Fry & Butler, 1989; Qian & Engelke, 1999; Jordan *et al.*, 2003; Brown *et al.*, 2004; Fu *et al.*, 2004; DaCosta & Huang, 2006a).

### 4.3.2 – Estudio por cultivares

#### 4.3.2.1 – Contenido de agua del suelo

El contenido de agua del suelo fue significativo para el riego, cultivar, fecha y la interacción riego x cultivar (Tabla 7). El contenido de agua del suelo de cada cultivar de cada especie (Figura 12) muestra un patrón muy parecido al de la media de los cultivares de cada especie (Figura 7). Solo algunos cultivares reflejaron el efecto de la dosis de riego en el contenido de agua del suelo. Comparando todos los cultivares a una misma dosis de riego se observa como a todas las dosis los tres cultivares de *Festuca arundinacea* consumieron menos agua que el resto de los cultivares (Figura 12). De los tres cultivares de *Festuca arundinacea*, solamente 05-158 consumió más agua cuando la dosis de riego se redujo al 40 % de la  $ET_C$ . Por el contrario, los tres cultivares de *Cynodon dactylon* fueron los que más agua consumieron a las dosis de 100 y 70 % de la  $ET_C$ , mientras que a la dosis del 40 % no existieron diferencias entre estos y los cultivares de *Lolium perenne* Applaud y Tetragreen. De los cultivares de *Cynodon dactylon*, sólo Yukon consumió menos agua cuando la dosis fue del 100 %. En la *Festuca rubra*, Greenlight fue el único cultivar que aumentó su consumo de agua cuando la dosis de riego se redujo al 40 % de la  $ET_C$ . Donde mayores diferencias entre cultivares se mostraron fue en el *Lolium perenne*, aunque solo en las dos dosis más altas. A la dosis del 70 %, Applaud consumió más agua que Regal 5, mientras Tetragreen se quedó entre ambas, pero sin diferenciarse significativamente de ellas. A la dosis del 100 % de la  $ET_C$ , Regal 5 consumió menos agua que los otros dos cultivares, los cuales no se diferenciaron entre sí. En resumen, se ve que el consumo de agua está más afectado por la especie en primer lugar, por la dosis de riego en segundo lugar y en menor medida por el genotipo. Aunque, como se ha visto en el análisis de resultados por especies, más importante que el consumo de agua, es el efecto de la dosis de riego en la calidad estética del césped. De todas formas hay que tener en cuenta que 3 cultivares por especie no representan toda la variabilidad genética de una especie.

Nuestros resultados están de acuerdo con los estudios de Youngner *et al.* (1981), Aronson *et al.* (1987a), Kim & Beard (1988), Fry & Butler (1989) y Fu *et al.* (2004), que refirieron que las necesidades de agua varían con las especies de césped y según Shearman (1986), Kopec *et al.* (1988), Shearman (1989), Bowman & Macaulay (1991), Salaiz *et al.* (1991) y Ebdon & Petrovic (1998), los cultivares de la misma especie también tienen un papel importante. Por otro lado y una vez más, los resultados obtenidos están en contradicción, por ejemplo, con Harivandi (1984), que determinó que los céspedes de estación fría suelen utilizar más agua que los céspedes estación cálida.

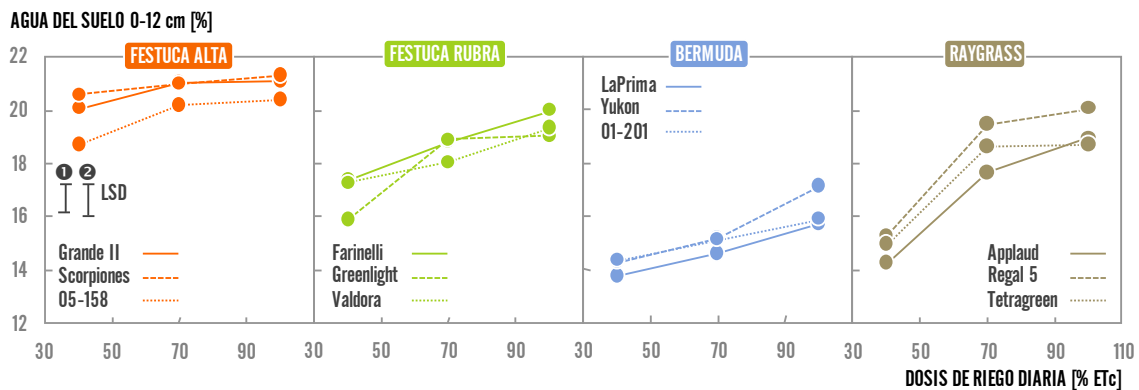


**Tabla 7** – Análisis de la varianza (significación) del efecto de la dosis de riego, de la especie-cultivar de césped de *fairway* y de la fecha, sobre el contenido de agua del suelo 24 horas después de regar a la profundidad de 0–12 cm, la producción de biomasa aérea (*clipping*) 2 días después del último corte y la calidad estética del césped medida mediante un Field Scout CM1000 (medidas normalizadas), en el experimento de riego óptimo.

Fuentes de Variación	Medidas		
	Contenido de Agua del Suelo [0–12 cm]	Producción de Biomasa Aérea [ <i>Clipping</i> ]	Calidad Estética del Césped [Field Scout CM1000 normalizado]
Riego [R]	***	**	***
Cultivar [C]	***	***	***
R × C	***	***	***
Fecha [F]	***	*	**
R × F	ns	Ns	ns
C × F	ns	*	ns
R × C × F	ns	Ns	ns

\*, \*\*, \*\*\* significación al valor de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente.

ns, no significativo.



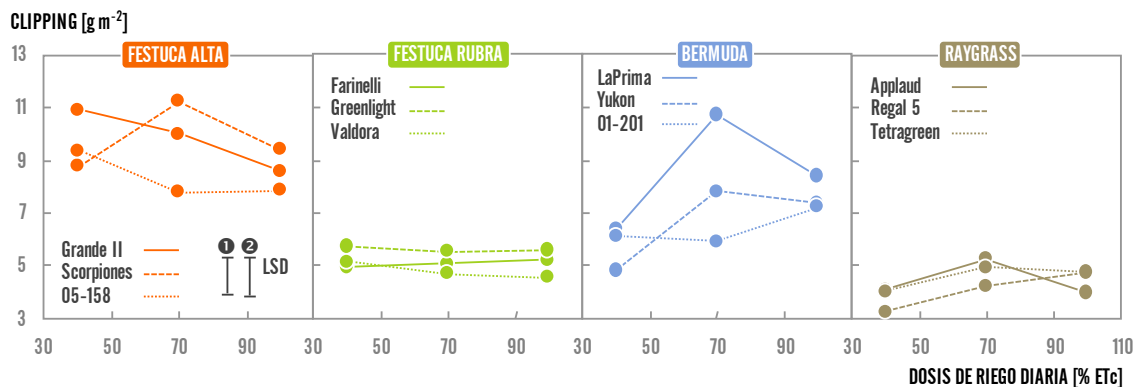
**Figura 12** – Contenido medio de agua del suelo 24 horas después de regar, a la profundidad de 0-12 cm. Media de un total de 24 medidas realizadas en los veranos de 2008 y 2009. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego; [2] entre diferentes dosis de riego.

#### 4.3.2.2 – Producción de biomasa aérea (*clipping*)

Funk & Meyer (2001) y Bonos *et al.* (2004) han destacado que la excesiva producción de *clipping* no es una característica deseable; la producción de biomasa debe ser contenida pero no tan reducida que el cultivar no tenga capacidad de recuperarse ante un estrés por pisoteo o sea incapaz de competir con las malas hierbas. También

Mangiafico & Guillard (2005) mencionan que la alta producción de *clipping* por sí solo puede no ser una característica deseable, pero puede ser considerada como una medida global de la vitalidad de la planta. Estos investigadores mencionan que las medidas objetivas de calidad utilizadas en evaluaciones del césped comúnmente incluyen la producción de *clipping* y la concentración de clorofila en la hoja.

La producción de biomasa aérea (*clipping*) fue significativa para el riego, cultivar, fecha, riego x cultivar y cultivar x fecha (Tabla 7). Al igual que en el contenido de agua del suelo, el *clipping* producido por los distintos cultivares sigue un patrón muy parecido al de la media de los cultivares de cada especie (Figura 8). La producción de *clipping* de los cultivares de *Lolium perenne* y *Festuca rubra* fue la más baja. Comparando los cultivares de cada especie entre sí, se observa como no existe respuesta a la dosis de riego en ninguno de los casos, ni tampoco entre cultivares para una dosis de riego dada (Figura 13). No obstante, si se comparan ambas especies, existen diferencias a la dosis del 100 % de la  $ET_C$  entre Applaud y Greenlight, produciendo más *clipping* esta última. A la dosis de 40 % de la  $ET_C$ , los tres cultivares de *Lolium perenne* produjeron menos *clipping* que los tres de *Festuca rubra*, aunque no todas las diferencias fueron significativas.



**Figura 13** – Producción media de *clipping*, 2 días después del último corte de los cultivares estudiados. Media de un total de 12 medidas realizadas en los veranos de 2008 y 2009. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego; [2] entre diferentes dosis de riego.

A diferencia del *Lolium perenne* y la *Festuca rubra*, las diferencias entre genotipos fueron importantes en el *Cynodon dactylon* y *Festuca arundinacea* (Figura 13). La producción de *clipping* de los cultivares de *Festuca arundinacea* en respuesta al riego aplicado muestra como a medida que aumenta la dosis de riego se reduce la producción en Grande II y 05-158. En ambos cultivares la diferencia fue significativa entre la dosis más baja y la más alta, no diferenciándose la intermedia de ambas. En el caso de Scorpiones la mayor producción correspondió a la dosis del 70 % de la  $ET_C$ ,

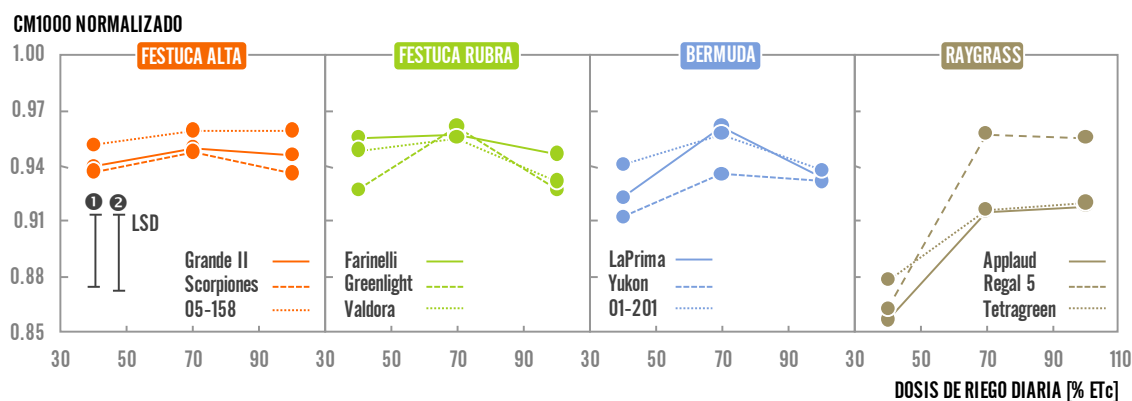
produciendo menos a la dosis del 40 y 100 % de la  $ET_C$ , sin diferencias entre ambas. Lo más destacable de los cultivares de *Festuca arundinacea* es que Grande II produce más *clipping* a la dosis más baja y que la producción disminuye en todos a la dosis de riego al 100 % de la  $ET_C$  respecto a la máxima producción.

Los tres cultivares de *Cynodon dactylon* redujeron significativamente el *clipping* al disminuir el riego al 40 % de la  $ET_C$ , aunque no hay diferencias entre ellos. El mayor *clipping* de los tres cultivares se produce cuando se aplica la dosis de 70 % de la  $ET_C$ , produciendo más LaPrima, seguido de Yukon y en tercer lugar 01-201. El cultivar 01-201 no mostró diferencia alguna entre las tres dosis de riego, mientras que Yukon sólo redujo el *clipping* con la dosis más baja. Al igual que Scorpiones, LaPrima redujo su producción con la dosis del 100 %.

#### 4.3.2.3 – Calidad estética del césped

Hasta hace poco tiempo, las necesidades de agua para el crecimiento de los céspedes estaban basadas en las tasas de uso del agua y se cuantificaban a través de la medición de la tasa de ET (DaCosta & Huang, 2006a); pero hoy en día, se ha demostrado que la medida de la reflectancia del césped permite determinar la dosis óptima de riego o conocer si debe aplicarse un riego o no (Johnsen *et al.*, 2009). Park *et al.* (2007) demostraron que el uso de sensores remotos de la reflectancia puede mejorar el manejo del agua en comparación con el uso de la ET o la humedad del suelo para programar el riego, ya que puede tomar en consideración microclimas y potencialmente identificar áreas con estrés hídrico.

La calidad estética del césped se vio afectada por la dosis de riego, el cultivar, la fecha y la interacción riego x cultivar (Tabla 7). La comparación de la calidad estética de los diferentes cultivares dentro cada especie para una misma dosis de riego muestra que no hay diferencias entre ningún cultivar, excepto a la dosis del 70 % de la  $ET_C$  en el *Lolium perenne*, donde Regal 5 muestra más calidad que Applaud y Tetragreen (Figura 14). Entre especies, a la dosis del 40 % los cultivares 05-158 y Farinelli tienen más calidad que Yukon y que los tres cultivares de *Lolium perenne*. A la misma dosis, 40 % de la  $ET_C$ , todos los cultivares tienen más calidad que los tres cultivares de *Lolium perenne*, excepto el cultivar de *Cynodon dactylon* Yukon con respecto al cultivar Tetragreen. El descenso de la dosis de riego no tiene efecto alguno sobre la pérdida de calidad de los tres cultivares de *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra* y *Cynodon dactylon*. Únicamente, al reducir la dosis de riego del 100 al 40 % de la  $ET_C$ , los tres cultivares de *Lolium perenne* disminuyeron significativamente su calidad estética.



**Figura 14** – Calidad estética del césped medida mediante el medidor de clorofila Field Scout CM1000 (lecturas normalizadas) de los cultivares estudiados. Media de un total de 24 medidas realizadas en los veranos de 2008 y 2009. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego; [2] entre diferentes dosis de riego.

#### 4.3.2.4 – Pruebas de estrés hídrico

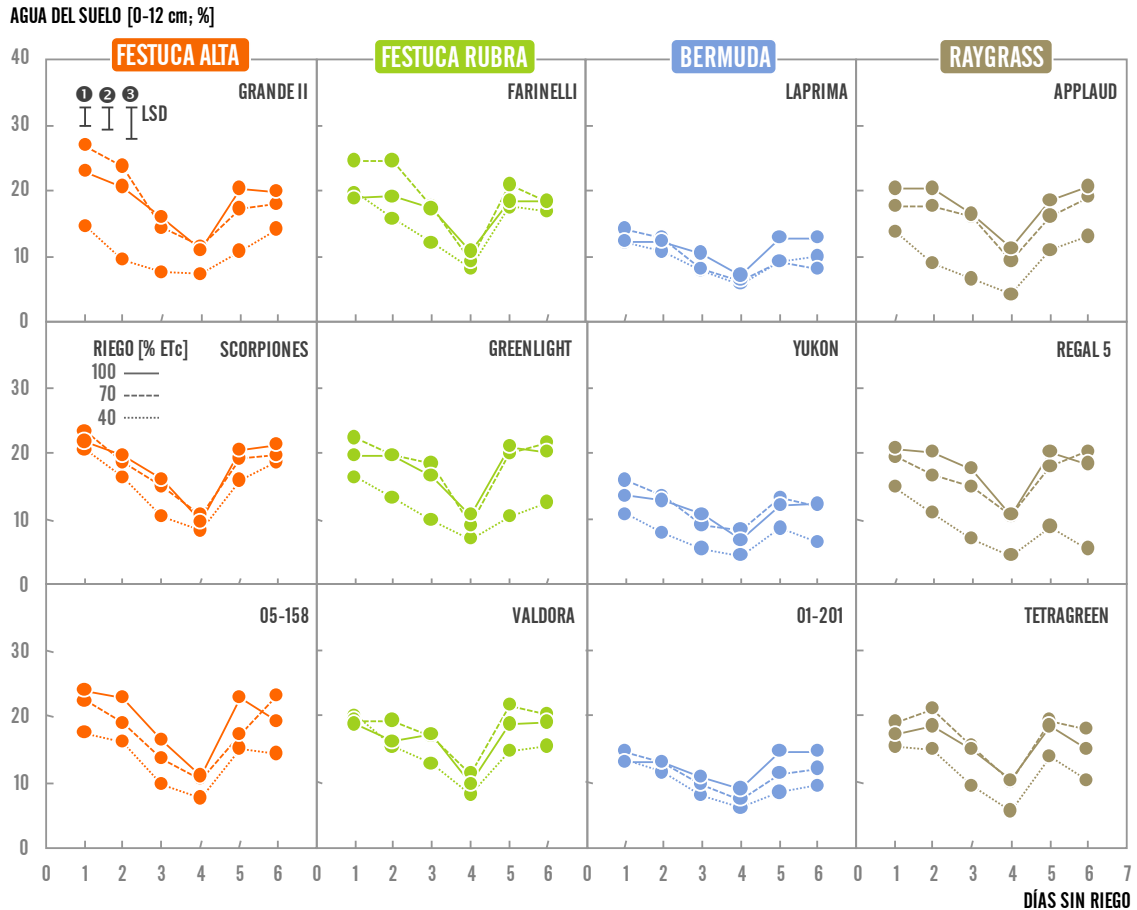
**Tabla 8** – Análisis de la varianza (significación) del efecto de la dosis de riego, de la especie-cultivar de césped de *fairway* y del número de días sin riego, sobre el contenido de agua del suelo a la profundidad de 0–12 cm y la calidad estética del césped medida mediante un Field Scout CM1000 (medidas normalizadas), en el experimento de estrés hídrico.

Fuentes de Variación	Medidas	
	Contenido de Agua del Suelo [0–12 cm]	Calidad Estética del Césped [Field Scout CM1000 normalizado]
Experimento [Exp]	*	ns
Riego [R]	*	ns
Exp × R	ns	ns
Cultivar [C]	***	***
Exp × C	*	ns
R × C	***	**
Exp × R × C	*	ns
Día [D]	***	***
Exp × D	**	*
R × D	***	***
C × D	***	***
Exp × R × D	ns	ns
Exp × C × D	*	ns
R × C × D	***	*
Exp × R × C × D	ns	ns

\*, \*\*, \*\*\* significación al valor de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente.

ns, no significativo.

De los efectos significativos en la prueba de estrés hídrico de los cultivares sobre el contenido de agua del suelo, el de mayor interés es la interacción triple riego x cultivar x día (Tabla 8). El análisis individual de cada cultivar y cada dosis de riego en el contenido de agua del suelo, muestra una disminución general significativa (Figura 15).



**Figura 15** – Contenido de agua del suelo (0-12 cm) después de 6 días sin riego. Media de cada cultivar en 4 pruebas de estrés hídrico realizadas en los veranos de 2008 y 2009. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego y cultivar; [2] dentro de la misma dosis de riego; [3] entre diferentes dosis de riego.

En todos los cultivares existe un incremento del contenido de agua del suelo a partir del cuarto día. Este incremento es más acentuado en la *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra* y *Lolium perenne* en comparación con el *Cynodon dactylon*. En general, la dosis de riego de 40 % de la  $ET_C$  fue la que más rápido disminuyó el contenido de agua del suelo: todos los cultivares disminuyen la cantidad de agua al segundo día de prueba excepto LaPrima, 01-201, Tetragreen y 05-158 que lo hacen el tercer día. La dosis del 100 % de la  $ET_C$  tardó más en mostrar el descenso en el contenido de agua del suelo: 4 días en Farinelli, Valdora, Tetragreen y los tres cultivares de *Cynodon dactylon*.

(LaPrima, Yukon y 01-201); 3 días Grande II, Greenlight, Applaud y Regal 5; 2 días Scorpiones y 05-158. Al 70 % del riego los resultados coincidieron con los del 40 % de la  $ET_C$  en siete de los doce cultivares estudiados. En el caso de Farinelli, Yukon y Applaud, a la dosis de riego 70 % de la  $ET_C$  el descenso del contenido de agua del suelo es en el día entre la dosis más alta y más baja, esto es, al tercer día.

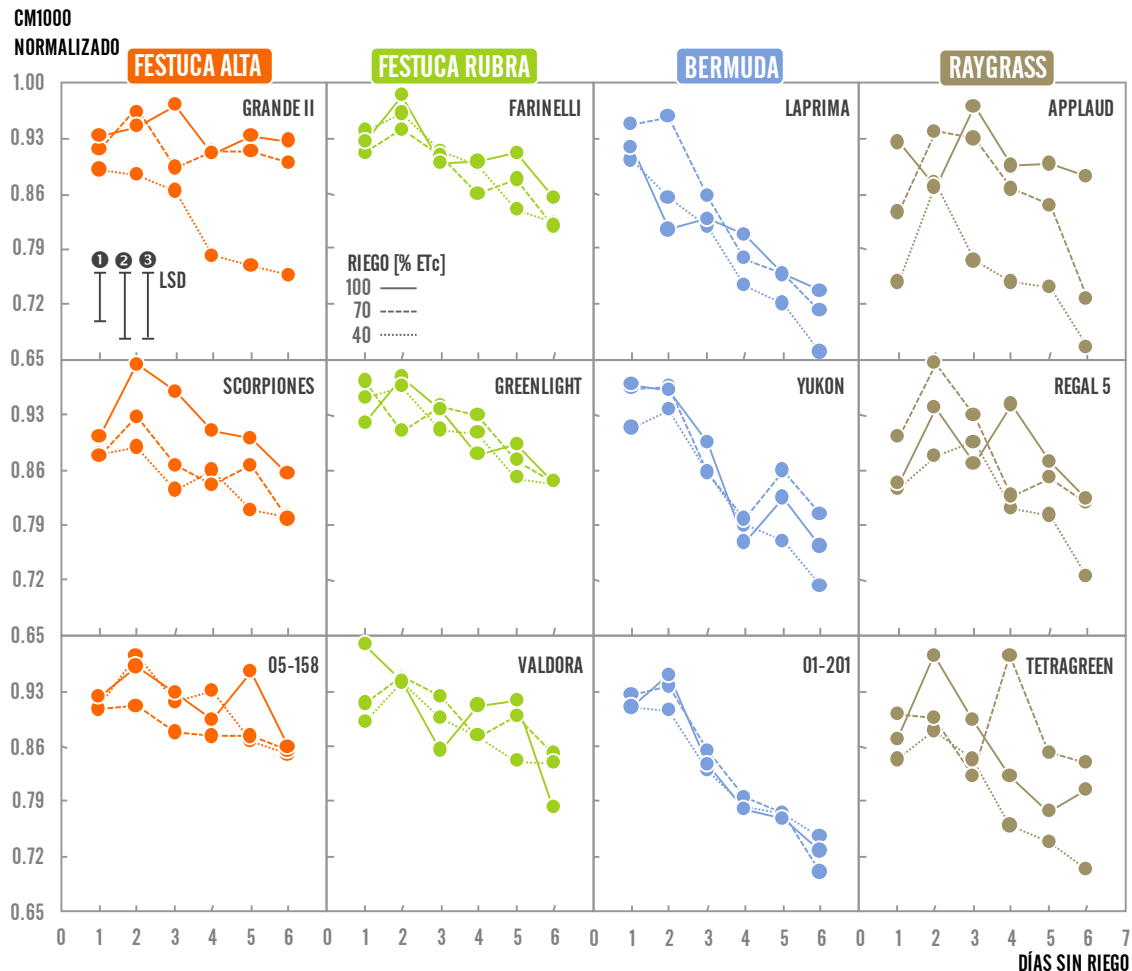
Para las tres dosis de riego no hubo importantes diferencias entre cultivares de *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra* y *Lolium perenne*, sólo los cultivares de *Cynodon dactylon* mostraron valores significativamente más bajos (Figura 15). La dosis del 40 % de la  $ET_C$  mostró valores significativamente menores principalmente en Grande II, Greenlight, Applaud y Regal 5. En otros cultivares hubo diferencias entre las dosis del 100 y 40 %, aunque estas no se diferenciaron significativamente de la del 70 % de la  $ET_C$ .

Al igual que en el contenido de agua del suelo, el efecto significativo de más interés sobre la calidad estética del césped fue la interacción riego x cultivar x día (Tabla 8). Los datos de calidad estética del césped muestran a nivel general como muchos cultivares exhibieron más calidad en el segundo o tercer día de estrés hídrico y no en el primer día como debería ser lógico (Figura 16). En la comparación de cada cultivar y para cada dosis de riego ( $LSD_1$ ), la calidad varió de forma diferente en los distintos cultivares. Para analizar los datos de esta forma se considera el valor máximo de cada cultivar en la dosis analizada, para poder determinar qué día se produce una pérdida de calidad. A la dosis de riego 100 % de la  $ET_C$ , los siguientes cultivares redujeron su calidad al 4 día de estrés: Grande II, Scorpiones, 05-158, Greenlight y Applaud. A los 3 días disminuyen su calidad Farinelli, Valdora, Yukon, 01-201 y Tetragreen. Sólo LaPrima pierde calidad significativamente en el segundo día a esta dosis de riego de 100 % de la  $ET_C$ . Y el resultado más anormal fue el de Regal 5 que mostró pérdida de calidad el quinto día. Cuando se analizan los datos a la dosis de riego 70 % de la  $ET_C$ , los días en mostrar pérdida de calidad aumentaron, se mantuvieron o se redujeron respecto a la dosis del 100 % (Figura 16). Los cultivares tardaron los siguientes días en reducir su calidad: al sexto 05-158; al cuarto Farinelli, Valdora y Applaud; al tercero los tres cultivares de *Cynodon dactylon*, Regal 5, Grande II, Scorpiones y Tetragreen; al segundo día solo Greenlight. Analizando de igual forma la dosis de riego 40 % de la  $ET_C$ , siete cultivares tardaron más tiempo en mostrar daños en comparación con la dosis del 100 %. A los 5 días se produce en Scorpiones, 05-158 y Greenlight. Al cuarto día Grande II, Farinelli, Valdora, Regal 5 y Tetragreen. Al tercer día los tres cultivares de *Cynodon dactylon* y Applaud.

La comparación de calidad estética de los diferentes cultivares de césped a una misma dosis de riego se realiza con la  $LSD_2$  (Figura 16). A la dosis de riego 100 % de la  $ET_C$  las diferencias más destacadas se producen el primer día, donde Regal 5 y Tetragreen tienen menos calidad estética. En el segundo día, LaPrima tiene menos calidad que el resto de los cultivares; también Applaud fue significativamente menor que algunos cultivares. En el tercer día existen algunas diferencias significativas entre cultivares, pero su comparación es bastante compleja ya que un análisis de cada cultivar

mostraría algunas diferencias concretas, pero en el mayor de los casos no hay diferencias. En este día se puede destacar que LaPrima y 01-201 fueron los cultivares de peor calidad. En el cuarto y quinto día la calidad fue menor en los tres cultivares de *Cynodon dactylon* y el *Lolium perenne* Tetragreen. A la dosis de riego 70 % de la  $ET_C$ , los resultados son parecidos a los de la dosis del 100 %. A esta dosis se puede reseñar que los cultivares de *Cynodon dactylon* muestran menos calidad en el cuarto y quinto día, aunque a diferencia de la dosis del 100 % no hubo diferencias significativas con todos los cultivares. Los cultivares con mejor calidad, sin diferencias entre ellos, son Grande II y Greenlight. Por último, a la dosis de riego 40 % de la  $ET_C$ , hay que destacar que el primer día Applaud muestra una calidad significativamente menor que el resto de los cultivares. Hasta el cuarto día existen diferencias entre algunos cultivares, destacando en este día, por su mayor calidad, los tres cultivares de *Festuca rubra*, más Scorpiones y 05-158.

La comparación más importante es entre todos los cultivares y todas las dosis de riego, mediante la  $LSD_3$  (Figura 16). Para la *Festuca arundinacea* los cultivares muestran el siguiente comportamiento: Grande II no pierde calidad estética a las dosis de riego 100 y 70 % de la  $ET_C$  durante los 6 días de duración de la prueba de estrés hídrico, mientras que al 40 % reduce su calidad respecto al 100 % de la  $ET_C$  en el tercer día y en el cuarto respecto al 70 %; Scorpiones pierde calidad al 40 % de la  $ET_C$  en el segundo día respecto al 100 %, mientras que el 70 % lo hace el tercer día (70 y 40 % de la  $ET_C$  no se diferencian en los 6 días); 05-158 sólo reduce su calidad estética el quinto día en las dosis más bajas respecto a la más alta. Los cultivares de *Festuca rubra* muestran que no hay diferencias entre las dosis de riego en prueba en los cultivares Farinelli y Greenlight, aunque como se ha dicho anteriormente pierden calidad con el tiempo; Valdora sólo muestra peor calidad estética en la dosis más baja respecto a la del 100 % de la  $ET_C$  en el primer día de estrés. Para *Cynodon dactylon*, LaPrima tiene menor calidad el segundo día en las dosis del 40 y 100 % de la  $ET_C$  respecto a la 70 %; Yukon tiene menos calidad estética a la dosis del 40 % de la  $ET_C$  los días quinto y sexto, respecto a la dosis 70 %, sin diferencia significativa ambas dosis con la del 100 %; 01-201 no muestra diferencia entre ninguna dosis de riego. Para el *Lolium perenne*, en Applaud hay diferencias significativas entre las tres dosis en el primer día, no hay diferencias en el segundo día, y en el tercero, cuarto y quinto día la dosis del 40 % de la  $ET_C$  fue significativamente menor; en Regal 5, la dosis de riego 40 % de la  $ET_C$  reduce su calidad el segundo día en relación a la dosis de 70 %, el cuarto día en relación a la dosis de 100 % y el sexto día en relación a las dos dosis más altas de la  $ET_C$ ; Tetragreen pierde calidad a la dosis del 40 % respecto a la dosis de 100 % de la  $ET_C$  el segundo día, el cuarto lo hacen las de 40 y 100 % respecto a la del 70 %, en el quinto día la dosis de riego 40 % de la  $ET_C$  presenta diferencia significativa respecto a la dosis de 70 %, y en el último día, el 40 % de la  $ET_C$  es menor que las dos superiores.



**Figura 16** – Calidad estética del césped medida mediante el medidor de clorofila Field Scout CM1000 (lecturas normalizadas) después de 6 días sin riego de los cultivares estudiados. Media de cada cultivar en 4 pruebas de estrés hídrico realizadas en los veranos de 2008 y 2009. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa (LSD) a  $p < 0.05$  para comparar: [1] dentro de la misma dosis de riego y cultivar; [2] dentro de la misma dosis de riego; [3] entre diferentes dosis de riego.

Los resultados muestran, en términos generales, coincidencia con los alcanzados por Sheffer *et al.* (1987), que indican que la *Festuca arundinacea* tiene una mejor resistencia a la sequía que *Lolium perenne* y que dentro de la especie *Festuca arundinacea* los cultivares también varían en resistencia a la sequía (White *et al.*, 1993; Carrow, 1996a). Sin embargo, no son coincidentes con los citados por Fry & Huang (2004) que indican que bajo condiciones de suelo bien regado, *Festuca arundinacea* tiene una tasa de ET superior comparada con la mayoría de los céspedes de estación fría, o sea, a pesar de *Festuca arundinacea* ser tolerante a la sequía, tiene una alta capacidad de consumir agua (Watschke & Schmidt, 1992). Los resultados de estos autores son reforzados por los de Minner (1984), Aronson *et al.* (1987a) y Beard & Kim (1989), que hacen una clasificación del uso del agua de céspedes de estación fría bajo condiciones no restrictivas de humedad del suelo: *Festuca arundinacea* tiene la más alta tasa de ET; *Lolium perenne* está clasificado en nivel intermedio; *Festuca rubra* tiene la



más baja tasa de ET. Otra vez nuestros resultados coinciden con los presentados por Shearman (1986), Kopec *et al.* (1988), Shearman (1989), Bowman & Macaulay (1991), Salaiz *et al.* (1991) y Ebdon & Petrovic (1998), respecto a que el uso del agua también puede ser diferente entre cultivares de la misma especie. Sin embargo, es importante señalar que la clasificación comparativa del uso del agua de diferentes especies y cultivares puede cambiar a través de diferentes entornos, condiciones climáticas y regímenes culturales (Aronson *et al.*, 1987a).

Numerosos estudios han demostrado que la resistencia a la sequía está asociada con la penetración profunda de raíces en una serie de especies de céspedes (Burton *et al.*, 1954; May & Milthorpe, 1962; Kramer, 1980; Youngner, 1985; Sheffer *et al.*, 1987; Beard, 1989; White *et al.*, 1993a; Marcum *et al.*, 1995; Carrow, 1996a; Carrow, 1996b; Huang *et al.*, 1997; Huang *et al.*, 1997b; Qian *et al.*, 1997; Ervin & Koski, 1998; Lyons *et al.*, 2008). Los resultados de la investigación de Carrow (1996a) indican que la reducida marchitez de las hojas de cultivares de *Festuca arundinacea* se correlacionó con una superior longitud de las raíces en la zona de enraizamiento profunda (20 a 60 cm de profundidad). Sin embargo, su estudio también demostró que a una alta densidad de las raíces en la superficie del suelo (3 a 10 cm de profundidad), la marchitez podía aumentar, posiblemente debido al rápido agotamiento del agua superficial del suelo. Pero nuestros resultados también son contrarios a los de Youngner *et al.* (1972), Beard (1989), Beard & Sifers (1997a) y Richardson *et al.* (2007). Estos autores defienden que la especie *Cynodon dactylon* se caracteriza por una superior resistencia a la sequía y por evitar la deshidratación, lo cual está relacionado con su extenso y profundo sistema radicular. También se sabe que *Cynodon dactylon*, debido a su hábito de crecimiento, produce grandes cantidades de *thatch* y que el *thatch*, si se acumula restringirá la penetración del aire, agua y nutrientes en el suelo y por lo tanto da lugar a un deterioro del césped (Youngner *et al.*, 1972), pudiendo ser esa una causa de la peor calidad estética de los cultivares de césped de *Cynodon dactylon*.

Estudios previos ya han demostrado que algunas especies de plantas pueden mantener una situación favorable de agua y crecimiento a pesar de que una gran parte del sistema radicular resida en suelo seco (Sadras *et al.*, 1993; Gallardo *et al.*, 1994; Zhang & Kirkham, 1995; Huang *et al.*, 1997; Huang *et al.*, 1997a) y que esa capacidad de adaptación de las plantas a la superficie del suelo seco se puede atribuir en parte a la utilización de agua disponible en profundidad, en el perfil del suelo, a través de raíces profundas (Caldwell & Richards, 1989; Huang, 1999). Huang (1999) encontró que el agua absorbida por las raíces de varios céspedes de estación cálida, tales como *Buchloe dactyloides*, *Eremochloa ophiuroides*, *Paspalum vaginatum*, *Zoysia japonica* y *Cynodon dactylon* en suelo profundo húmedo puede ser transportada hacia las raíces en la parte superior del suelo seco en la noche para mantener las raíces viables y la absorción de nutrientes, lo que sugiere que el crecimiento puede ser mantenido por el uso eficiente del agua cuando su disponibilidad es limitada en la superficie del suelo, a pesar de que el crecimiento de tallos y el nivel de agua de la hoja fueron afectados en el caso de *Cynodon dactylon*. Este hecho, mas las conclusiones alcanzadas por Huang &

Fu (2001) y McCoy & McCoy (2009), coincide con los resultados obtenidos, ya que se observa como después de días de estrés hídrico el contenido de agua del suelo aumenta como consecuencia de que el agua sub-superficial sube a la superficie, haciendo que la planta no presente síntomas de estrés hídrico.

## 5 – CONCLUSIONES

La primera conclusión que se extrae de este estudio no está relacionada con los objetivos planteados sino con la metodología. Para estudiar el efecto de la dosis de riego puede utilizarse sensores remotos de medición de la clorofila como una alternativa precisa y eficaz frente a la medición clásica del agua del suelo, que algunos casos de estrés hídrico puede no estar mostrando la realidad dependiendo de la profundidad de medida.

En relación al experimento *green*, se concluye que el riego normalmente aplicado en el sur de España del 100-90 % de la  $ET_C$  es innecesario. La dosis de riego se puede reducir al 60-80 % de la  $ET_C$  sin que afecte negativamente a la calidad estética, vigor y distancia de rodadura de la bola. Por último, la aplicación de N incrementa la calidad estética y el vigor, mientras que reduce la distancia de rodadura de la bola y no afecta al consumo de agua. Como consecuencia, no se puede afirmar cual es la dosis óptima en cada estación del año, pero queda claro que la misma debería mantener un equilibrio entre el vigor de crecimiento y la distancia de rodadura de la bola.

Del experimento realizado en condiciones de *fairway* se puede concluir que a nivel de especie-cultivar, la festuca alta es la mejor elección frente a la bermuda, festuca rubra y raygrass; ya puede reducirse la dosis de riego diaria al 40 % de la  $ET_C$  manteniendo la calidad estética y vigor (*clipping*), además de tolerar muy bien el estrés hídrico. Finalmente, la conclusión más relevante de este experimento es que el riego no tiene que ser aplicado a diario (práctica habitual), sino que se podría realizar cada 2-3 días sin que se vea afectada la calidad. No obstante, es necesario realizar más trabajos de investigación para corroborarlo.

## 6 – BIBLIOGRAFÍA

Adams, R.L.A.; Rooney Jr., J.F. (1985). *Evolution of American Golf Facilities*. Geographical Review 75: 419-438.

Aldous, D.E.; Kaufmann, J.E. (1979). *Role of Root Temperature in Shoot Growth of Two Kentucky Bluegrass Cultivars*. Agronomy Journal 71: 545-547.

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Alliss, P.; Ferrier, B. (1991). *Lo Mejor del Golf*. Ediciones Tutor, SA. Madrid.

Amorós Bernabéu, F. (2003). *El Turismo de Golf en la Costa del Sol*. Servicio de Publicaciones de la Fundación Unicaja. Málaga.

Analytical Software (2005). *Statistix 8.1*. Tallahassee, Florida.

Anderson, J.A.; Taliaferro, C.M.; Martin, D.L. (1993). *Evaluating Freeze Tolerance of Bermudagrass in a Controlled Environment*. HortScience 28: 955.

Aranda López, M.D.; Pineda Martínez, R. (2003). *Golf en la Región de Murcia – Un Análisis de Redes de Actores, Estrategias y Discursos*. Facultad de Derecho, Universidad de Murcia. Disponible en <http://www.um.es/estructura/equipo/vic-estudiantes/arquimedes2003/pdf/010-DoloresArandaRaquelPineda.pdf> (acceso en 18/12/2010).

Aronson, L.J.; Gold, A.J.; Hull, R.J. (1987). *Cool-Season Turfgrass Responses to Drought Stress*. Crop Science 27: 1261-1266.

Aronson, L.J.; Gold, A.J.; Hull, R.J.; Cisar, J.L. (1987a). *Evapotranspiration of Cool-Season Turfgrasses in the Humid Northeast*. Agronomy Journal 79: 901-905.

Aymerich Consulting (1996). *Informe Económico y Perspectivas del Sector del Golf en España*. Madrid.

Baghzouz, M.; Devitt, D.A.; Morris, R.L. (2006). *Evaluating Temporal Variability in the Spectral Reflectance Response of Annual Ryegrass to Changes in Nitrogen Applications and Leaching Fractions*. International Journal of Remote Sensing 27: 4137-4157.

Baker, B.S.; Jung, G.A. (1968). *Effect of Environmental Conditions on the Growth of Four Perennial Grasses. I. Response to Controlled Temperature*. Agronomy Journal 60: 155-158.

Baker, S.W.; Hind, P.D.; Lodge, T.A.; Hunt, J.A.; Binns, D.J. (1995). *A Survey of Golf Greens in Great Britain. II. Sward Characteristics*. Journal of the Sports Turf Research Institute 71: 23-30.

Bale, J. (1989). *Sports Geography*. E & FN Spon. London.

Bandaranayake, W.; Qian, Y.L.; Parton, W.J.; Ojima, D.S.; Follett, R.F. (2003). *Estimation of Soil Organic Carbon Changes in Turfgrass Systems Using the CENTURY Model*. Agronomy Journal 95: 558-563.

Barnes, R.F. (1990). *Importance and Problems of Tall Fescue*. pp. 1-12. In Kasperbauer, M.J. (ed.). *Biotechnology in Tall Fescue Improvement*. CRC Press. Boca Raton, Florida.

Barton, L.; Wan, G.G.Y.; Buck, R.P.; Colmer, T.D. (2009). *Effectiveness of Cultural Thatch-Mat Controls for Young and Mature Kikuyu Turfgrass*. Agronomy Journal 101: 67-74.

Bastug, R.; Buyuktas, D. (2003). *The Effects of Different Irrigation Levels Applied in Golf Courses on Some Quality Characteristics of Turfgrass*. Irrigation Science 22: 87-93.

Beard, J.B.; Daniel, W.H. (1965). *Effect of Temperature and Cutting on the Growth of Creeping Bentgrass (Agrostis palustris Huds.) Roots*. Agronomy Journal 57: 249-250.

Beard, J.B. (1973). *Turfgrass: Science and Culture*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Beard, J.B. (1982). *Turf Management for Golf Courses*. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota.

Beard, J.B. (1989). *Turfgrass Water Stress: Drought Resistance Components, Physiological Mechanisms, and Species-Genotype Diversity*. Proceedings of the 6th International Turfgrass Research Conference. Tokyo. 6: 23-28.

Beard, J.B.; Kim, K.S. (1989). *Low-Water-Use Turfgrasses*. USGA Green Section Record 27: 12-13.

Beard, J.B.; Green, R.L.; Sifers, S.I. (1992). *Evapotranspiration and Leaf Extension Rates of 24 Well-Watered, Turf-Type Cynodon Genotypes*. HortScience 27: 986-988.

Beard, J.B. (1997). *Dealing with Heat Stress on Golf Course Turf*. Golf Course Management 65: 54-59.

Beard, J.B.; Sifers, S.I. (1997). *Bentgrasses for Putting Greens*. Golf Course Management 65: 54-60.

Beard, J.B.; Sifers, S.I. (1997a). *Genetic Diversity in Dehydration Avoidance and Drought Resistance within the Cynodon and Zoysia Species*. International Turfgrass Society Research Journal 8: 603-610.

Beard, J.B. (1999). *Bentgrass (Agrostis) Cultivar Botanical Characteristics and Culture*. Proceedings of the 69th Annual Michigan Turfgrass Conference. 28: 413-417.

Beard, J.B. (2002). *Turf Management for Golf Courses*. 2nd edition. A Publication of The United States Golf Association. Ann Arbor Press. Chelsea, Michigan.

Becwar, M.R.; Wallner, S.J.; Butler, J.D. (1983). *Effect of Water Stress on in vitro Heat Tolerance of Turfgrass Leaves (Poa pratensis, Lolium perenne, Festuca rubra, Puccinellia distans, Heat Stress, Electrolyte Leakage)*. HortScience 18: 93-95.

Bell, G.E.; Martin, D.L.; Stone, M.L.; Solie, J.B.; Johnson, G.V. (2002). *Turf Area Mapping Using Vehicle-Mounted Optical Sensors*. Crop Science 42: 648-651.

Bengeyfield, W.H. (1989). *Specifications for a Method of Putting Green Construction*. United States Golf Association. Far Hills, New Jersey.

Bennett, O.L.; Doss, B.D. (1960). *Effect of Soil Moisture Level on Root Distribution of Cool-Season Forage Species*. Agronomy Journal 52: 204-207.

Berndt, W.L. (2008). *Double Exponential Model Describes Decay of Hybrid Bermudagrass Thatch*. Crop Science 48: 2437-2446.

Bingham, S.W.; Schmidt, R.E.; Curry, C.K. (1969). *Annual Bluegrass Control in Overseeded Bermudagrass Putting Green Turf*. Agronomy Journal 61: 908-911.

Biran, I.; Bravdo, B.; Bushkin-Harav, I.; Rawitz, E. (1981). *Water Consumption and Growth Rate of 11 Turfgrasses as Affected by Mowing Height, Irrigation Frequency, and Soil Moisture*. Agronomy Journal 73: 85-89.

Bonos, S.A.; Rush, D.; Hignight, K.; Meyer, W.A. (2004). *Selection for Deep Root Production in Tall Fescue and Perennial Ryegrass*. Crop Science 44: 1770-1775.

Borrill, M.; Tyler, B.F.; Morgan, W.G. (1976). *Studies in Festuca. VII. Chromosome Atlas (Part 2). An Appraisal of Chromosome Race Distribution and Ecology, Including F. pratensis var. apennina (De Not.) Hack. - Tetraploid*. Cytologia 41: 219-236.

Bourgoin, B.; Mansat, P.; Marty, J.; Peyriere, J. (1985). *Behaviour of Cynodon dactylon L. Pers. in France*. Proceedings of the 5th International Turfgrass Research Conference. Avignon. 5: 289-297.

Bowman, D.C.; Macaulay, L. (1991). *Comparative Evapotranspiration Rates of Tall Fescue Cultivars*. HortScience 26: 122-123.

Brasch, R. (1970). *How Did Sports Begin?: A Look at the Origins of Man at Play*. McKay. New York.

Bremer, D.J.; Lee, H.; Su, K.; Keeley, S.J. (2011). *Relationships Between Normalized Difference Vegetation Index and Visual Quality in Cool-Season Turfgrass: II. Factors Affecting NDVI and its Component Reflectances*. Crop Science 51: 2219-2227.

Brown, K.W.; Thomas, J.C.; Dubble, R.L. (1982). Nitrogen Source Effect on Nitrate and Ammonium Leaching and Runoff Losses from Greens. Agronomy Journal 74: 947-950.

Brown, C.A.; Devitt, D.A.; Morris, R.L. (2004). *Water Use and Physiological Response of Tall Fescue Turf to Water Deficit Irrigation in an Arid Environment*. HortScience 39: 388-393.

Burton, G.W.; DeVane, E.H.; Carter, R.L. (1954). *Root Penetration Distribution and Activity in Southern Grasses Measured by Yields, Drought Symptoms and  $P^{32}$  Uptake*. Agronomy Journal 46: 229-233.

Burton, G.W.; Deal, E.E. (1962). *Shade Studies on Southern Grasses*. Golf Course Reporter 30: 26-27.

Busey, P. (2003). *Cultural Management of Weeds in Turfgrass: A Review*. Crop Science 43: 1899-1911.

Butler, J.D. (1965). *Thatch - A Problem in Turf Management*. In Turfgrass Conference Proceedings: 1-3.

Butler, J.D.; Feldhake, C.M. (1979). *Drought Tolerance and Water Relationships of Turfgrasses*. California Turfgrass Culture 29: 3-5.

Caldwell, M.M.; Richards, J.H. (1989). *Hydraulic Lift: Water Efflux from Upper Roots Improves Effectiveness of Water Uptake by Deep Roots*. Oecologia 79: 1-5.

Callahan, L.M.; Sanders, W.L.; Parham, J.M.; Harper, C.A.; Lester, L.D.; McDonald, E.R. (1998). *Cultural and Chemical Controls of Thatch and Their Influence on Rootzone Nutrients in a Bentgrass Green*. Crop Science 38: 181-187.

Cámara de Valencia (2010). *El Turismo de Golf*. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Valencia. Información, Estudios y Publicaciones. Valencia.

Camberato, J.; Martin, B.; Dodd, R. (1999). *Surface Cooling and Aeration at Wild Wing Plantation*. Carolinas Green 35: 12-14.

Carley, D.S.; Goodman, D.; Sermons, S.; Shi, W.; Bowman, D.; Miller, G.; Ruffy, T. (2011). *Soil Organic Matter Accumulation in Creeping Bentgrass Greens: A Chronosequence with Implications for Management and Carbon Sequestration*. Agronomy Journal 103: 604-610.

Carrow, R.N. (1980). *Influence of Soil Compaction on Three Turfgrass Species*. Agronomy Journal 72: 1038-1042.

Carrow, R.N.; Shearman, R.C.; Watson, J.R. (1990). *Turfgrass*. pp. 250-285. In Stewart, B.A. & Nielsen, D.R. (eds.). *Irrigation of Agriculture Crops*. Agronomy Monograph, No. 30. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wisconsin.

Carrow, R.N.; Petrovic, A.M. (1992). *Effects of Traffic on Turfgrass*. pp. 285-330. In Waddington, D.V. *et al.* (eds.). *Turfgrass*. Agronomy Monograph, No. 32. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wisconsin.

Carrow, R.N. (1995). *Drought Resistance Aspects of Turfgrasses in the Southeast: Evapotranspiration and Crop Coefficients*. Crop Science 35: 1685-1690.

Carrow, R.N. (1996). *Drought Avoidance Characteristics of Diverse Tall Fescue Cultivars*. Crop Science 36: 371-377.

Carrow, R.N. (1996a). *Drought Resistance Aspects of Turfgrasses in the Southeast: Root-Shoot Responses*. Crop Science 36: 687-694.

Carrow, R.N. (1996b). *Summer Decline of Bentgrass Greens*. Golf Course Management 64: 51-56.

Carrow, R.N.; Waddington, D.V.; Rieke, P.E. (2001). *Turfgrass Soil Fertility and Chemical Problems: Assessment and Management*. Ann Arbor Press. Chelsea, Michigan.

Carrow, R.N. (2006). *Can We Maintain Turf to Customers' Satisfaction with Less Water?* Agricultural Water Management 80: 117-131.

Cattani, D.J.; Smith Jr., S.R.; Miller, P.R. (1996). *Relationship of Shoot Morphology Between Seedlings and Established Turf in Creeping Bentgrass*. Canadian Journal of Plant Science 76: 283-289.

Cetengolf (2011). *El Numero de Campos de Golf Federados en España Asciende a 422*. Centro Tecnológico Nacional del Golf. Madrid. Disponible en [www.cetengolf.es](http://www.cetengolf.es) (acceso en 23/01/2012).

Christians, N.E. (2004). *Fundamentals of Turfgrass Management*. 2nd edition. Ann Arbor Press. Chelsea, Michigan.

Cisar, J.L. (2004). *Managing Turf Sustainably*. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane.

Comunitat Valenciana (2010). *Turismo de Golf*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Turisme. Observatorio Turístico de la Comunitat Valenciana. Valencia.

Consejería de Turismo, Comercio y Deportes (2006). *La Demanda de Turismo de Golf en Andalucía 2005*. Junta de Andalucía. Sevilla.



Cooper, P.J.M.; Gregory, P.J.; Tully, D.; Harris, H.C. (1987). *Improving Water Use Efficiency of Annual Crops in the Rainfed Farming Systems of West Asia and North Africa*. Experimental Agriculture 23: 113-158.

Crick, M. (1989). *Representations of International Tourism in the Social Sciences: Sun, Sex, Sights, Savings, and Servility*. Annual Review Anthropology 18: 307-344.

Croce, P.; De Luca, A.; Mocioni, M.; Volterrani, M.; Beard, J.B. (2001). *Warm Season Turfgrass Species and Cultivar Characterizations for a Mediterranean Climate*. International Turfgrass Society Research Journal 9: 855-859.

Croce, P.; De Luca, A.; Mocioni, M.; Volterrani, M.; Beard, J.B. (2003). *Adaptability of Warm Season Turfgrass Species and Cultivars in a Mediterranean Climate*. I International Conference on Turfgrass Management and Science for Sport Fields. Athens.

DaCosta, M.; Huang, B. (2006). *Deficit Irrigation Effects on Water Use Characteristics of Bentgrass Species*. Crop Science 46: 1779-1786.

DaCosta, M.; Huang, B. (2006a). *Minimum Water Requirements for Creeping, Colonial, and Velvet Bentgrasses under Fairway Conditions*. Crop Science 46: 81-89.

Dalton, F.N.; Herkelrath, W.N.; Rawlins, D.S.; Rhoades, J.D. (1984). *Time-Domain Reflectometry: Simultaneous Measurement of Soil Water Content and Electrical Conductivity with a Single Probe*. Science 224: 989-990.

Daniagnez, J. (1979). *Mediterranean Climates, the Economic Use of Water and Crop Production*. In Soil in Mediterranean Type Climates and their Yield Potential. Proceedings of the 14th Colloquium of the International Potash Institute. Sevilla.

Danielson, R.E.; Feldhake, C.M. (1981). *Urban Lawn Irrigation and Management Practices for Water Saving with Minimum Effect on Lawn Quality*. Colorado Water Resources Research Institute. Completion Report No. 106. Colorado State University. Fort Collins, Colorado.

Del Campo, A. (2002). *El Futuro de los Regadíos Españoles en el Contexto de la Directiva Europea del Agua*. International Workshop "El Agua de Riego a Debate". Universidad de Córdoba. Córdoba.

Dernoeden, P.H. (2002). *Creeping Bentgrass Management: Summer Stresses, Weeds, and Selected Maladies*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.

De Stefano, L. (2004). *Freshwater and Tourism in the Mediterranean*. World Wildlife Fund Mediterranean Programme. Rome.

Dettman-Kruse, J.K.; Christians, N.E.; Chaplin, M.H. (2008). *Predicting Soil Water Content through Remote Sensing of Vegetative Characteristics in a Turfgrass System*. Crop Science 48: 763-770.

DiPaola, J.M. (1984). *Syringing Effects on the Canopy Temperature of Bentgrass Greens*. Agronomy Journal 76: 951-953.

DiPaola, J.M. (1992). *Physiological Responses of Turfgrasses to Heat Stress*. pp. 231-262. In Waddington, D.V. et al. (eds.). *Turfgrass*. Agronomy Monograph, No. 32. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wisconsin.

DiPaola, J.M.; Beard, J.B. (1992). *Physiological Effects of Temperature Stress*. pp. 231-267. In Waddington, D.V. et al. (eds.). *Turfgrass*. Agronomy Monograph, No. 32. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wisconsin.

Dodd, R.; Martin, B.; Camberato, J. (1999). *Subsurface Cooling and Aeration*. Golf Course Management 67: 71-74.

Doorenbos, J.; Pruitt, W.O. (1984). *Guidelines for Predicting Crop Water Requirements*. Environmental Assessment Office. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Doss, B.D.; Ashley, D.A.; Bennett, O.L. (1960). *Effect of Soil Moisture Regime on Root Distribution of Warm Season Forage Species*. Agronomy Journal 52: 569-572.

Doss, B.D.; Bennett, O.L.; Ashley, D.A. (1964). *Moisture Use by Forage Species as Related to Pan Evaporation and Net Radiation*. Soil Science 98: 322-327.

Doty, J.A.; Braunworth Jr., W.S.; Tan, S.; Lombard, P.B.; William, R.D. (1990). *Evapotranspiration of Cool-Season Grasses Grown with Minimal Maintenance*. HortScience 25: 529-531.

Duble, R.L. (1996). *Turfgrasses: Their Management and Use in the Southern Zone*. 2nd edition. Texas A&M University Press. College Station, Texas.

Dudeck, A.E.; Peacock, C.H. (1981). *Effects of Several Overseeded Ryegrasses on Turf Quality, Traffic Tolerance, and Ball Roll*. Proceedings of the 4th International Turfgrass Research Conference. Guelph. 4: 75-81.

Dudeck, A.E.; Peacock, C.H. (1985). *Effects of Salinity on Seashore Paspalum Turfgrasses*. Agronomy Journal 77: 47-50.

Dudeck, A.E.; Peacock, C.H.; Wildmon, J.C. (1993). *Physiological and Growth Responses of St. Augustinegrass Cultivars to Salinity*. HortScience 28: 46-48.

Duff, T.D.; Beard, J.B. (1974). *Supraoptimal Temperature Effects upon Agrostis palustris. Part II. Influence on Carbohydrate Levels, Photosynthetic Rate, and Respiration Rate*. Physiologia Plantarum 32: 18-22.

- Dunn, J.H.; Nelson, C.J. (1974). *Chemical Changes Occurring in Three Bermudagrass Turf Cultivars in Relation to Cold Hardiness*. Agronomy Journal 66: 28-31.
- Ebdon, J.S.; Petrovic, A.M. (1998). *Morphological and Growth Characteristic of Low- and High-Water Use Kentucky Bluegrass Cultivars*. Crop Science 38: 143-152.
- Elias, F. (1984). *Criterios Climatológicos para la Definición de la Región Mediterránea*. III Jornadas de Cultura Árabe e Islámica. Instituto Hispano-Árabe de Cultura. Madrid.
- Engel, R.E. (1954). *Thatch on Turf and its Control*. Golf Course Reporter 22: 12-14.
- Engelke, M.C. (1998). *Management Philosophies for Heat-Tolerant Bentgrasses*. Golf Course Management 66: 57-59.
- English, M.; Raja, S.N. (1996). *Perspectives on Deficit Irrigation*. Agricultural Water Management 32: 1-14.
- Ervin, E.H.; Koski, A.J. (1998). *Drought Avoidance Aspects and Crop Coefficients of Kentucky Bluegrass and Tall Fescue Turfs in the Semiarid West*. Crop Science 38: 788-795.
- Espejo Marín, C.; Cànoves Valiente, G. (2011). *Política de Usos del Agua en los Campos de Golf en España*. Documents d'Anàlisi Geogràfica 57: 255-277.
- Esper, J.; Frank, D.; Büntgen, U.; Verstege, A.; Luterbacher, J.; Xoplaki, E. (2007). *Long-Term Drought Severity Variations in Morocco*. Geophysical Research Letters 34: L17702, doi: 10.1029/2007GL030844.
- Etemadi, N.; Khalighi, A.; Razmjoo, Kh.; Lessani, H.; Zamani, Z. (2005). *Drought Resistance of Selected Bermudagrass {Cynodon dactylon (L.) Pers.} Accessions*. International Journal of Agriculture & Biology 7: 612-615.
- Exceltur (2010). *Perspectivas Turísticas - Balance Empresarial del Segundo Trimestre de 2010 y Perspectivas para el Verano y el Resto de 2010*. Exceltur, n.º 33. Madrid.
- Farrally, M.R.; Cochran, A.J.; Crews, D.J.; Hurdzan, M.J.; Price, R.J.; Snow, J.T.; Thomas, P.R. (2003). *Golf Science Research at the Beginning of the Twenty-First Century*. Journal of Sports Sciences 21: 753-765.
- Federación Andaluza de Hostelería (2006). *Acciones de Promoción y Comercialización de Productos Turísticos: Cultural, Golf y Naturaleza*. Junta de Andalucía. Consejería de Turismo, Comercio y Deporte. Sevilla.
- Feldhake, C.M.; Danielson, R.E.; Butler, J.D. (1984). *Turfgrass Evapotranspiration. II. Responses to Deficit Irrigation*. Agronomy Journal 76: 85-89.

Fenstermaker-Shaulis, L.K.; Leskys, A.; Devitt, D.A. (1997). *Utilization of Remotely Sensed Data to Map and Evaluate Turfgrass Stress Associated with Drought*. Journal of Turfgrass Management 2: 65-81.

Feo Parrondo, F. (2001). *Los Campos de Golf en España y sus Repercusiones en el Sector Turístico*. Cuadernos de Turismo 7: 55-66.

Fernandes, S.A.S. (2007). *Sistemas de Informação Geográfica na Gestão de Campos de Golfe – Enquadramento Teórico e Caso de Estudo do Campo de Golfe da Quinta do Lago*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

Fernández de Caleyá Blankemeyer, J. (1997). *El Diseño de los Campos de Golf: Una Aproximación Paisajística*. Universidade da Coruña. La Coruña.

Fitz-Rodriguez, E.; Choi, C.Y. (2002). *Monitoring Turfgrass Quality Using Multispectral Radiometry*. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 45: 865-871.

Fraleigh, W.P. (1984). *Right Actions in Sport: Ethics for Contestants*. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.

Francois, L.E. (1988). *Salinity Effects on Three Turf Bermudagrasses*. HortScience 23: 706-708.

Frank, A.B.; Berdahl, J.D. (2001). *Gas Exchange and Water Relations in Diploid and Tetraploid Russian Wildrye*. Crop Science 41: 87-92.

Fry, J.D.; Butler, J.D. (1989). *Responses of Tall and Hard Fescue to Deficit Irrigation*. Crop Science 29: 1536-1541.

Fry, J.; Huang, B. (2004). *Applied Turfgrass Science and Physiology*. John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey.

Fu, J.; Fry, J.; Huang, B. (2004). *Minimum Water Requirements of Four Turfgrasses in the Transition Zone*. HortScience 39: 1740-1744.

Fu, J.; Fry, J.; Huang, B. (2007). *Tall Fescue Rooting as Affected by Deficit Irrigation*. HortScience 42: 688-691.

Fu, J.; Dernoeden, P.H. (2009). *Creeping Bentgrass Putting Green Turf Responses to Two Summer Irrigation Practices: Rooting and Soil Temperature*. Crop Science 49: 1063-1070.

Fu, J.; Dernoeden, P.H. (2009a). *Creeping Bentgrass Putting Green Turf Responses to Two Irrigation Practices: Quality, Chlorophyll, Canopy Temperature, and Thatch-Mat*. Crop Science 49: 1071-1078.

Funk, C.R.; Meyer, W.A. (2001). *70 Years of Turfgrass Improvement at the New Jersey Agricultural Experiment Station*. USGA Green Section Record 39: 19-23.

Gallardo, M.; Turner, N.C.; Ludwig, C. (1994). *Water Relations, Gas Exchange and Abscissic Acid Content of *Lupinus cosentinii* Leaves in Response to Drying Different Proportions of the Root System*. Journal of Experimental Botany 45: 909-918.

García-Verdugo Rodríguez, J.C.; Monje Jiménez, R.J. (1997). *Céspedes en Campos de Golf – Su Mantenimiento y Otras Consideraciones*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Informaciones Técnicas 47/97. Málaga.

Gardner, W.; Kirkham, D. (1952). *Determination of Soil Moisture by Neutron Scattering*. Soil Science 73: 391-402.

GDT (2008). *El Producto Turístico de Golf en los Países del Mediterráneo*. Centro Euromediterráneo de Conocimiento, Innovación y Formación Turística. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de la Provincia de Málaga. Málaga.

Geren, H.; Avcioglu, R.; Curaoglu, M. (2009). *Performances of Some Warm-Season Turfgrasses under Mediterranean Conditions*. African Journal of Biotechnology 8: 4469-4474.

Gibeault, V.A. (1973). *Some Climatic Requirements of Turfgrass*. California Turfgrass Culture 23: 29-30.

Gibeault, V.A.; Meyer, J.L.; Youngner, V.B.; Cockerham, S.T. (1985). *Irrigation of Turfgrass Below Replacement of Evapotranspiration as a Means of Water Conservation: Performance of Commonly Used Turfgrasses*. Proceedings of the 5th International Turfgrass Research Conference. Avignon. 5: 347-356.

Gleason, H.A.; Cronquist, A. (1991). *Manual of Vascular Plants of Northeastern United States and Adjacent Canada*. 2nd edition. New York Botanical Garden. New York.

Gómez-Lama, M.; Priego, R.; Recio, J.M.; Berbel, J. (1994). *Valoración Ambiental de los Campos de Golf de Andalucía*. Universidad de Córdoba. Servicio de Publicaciones. Córdoba.

Grable, A.R. (1966). *Soil Aeration and Plant Growth*. Advances in Agronomy 18: 57-106.

Greco, M.; Mirauda, D.; Squicciarino, G.; Telesca, V. (2005). *Desertification Risk Assessment in Southern Mediterranean Areas*. Advances in Geosciences 2: 243-247.

Green, R.L.; Beard, J.B.; Casnoff, D.M. (1990). *Leaf Blade Stomatal Characterizations and Evapotranspiration Rates of 12 Cool-Season Perennial Grasses*. HortScience 25: 760-761.

Green, D.E.; Burpee, L.L.; Stevenson, K.L. (1998). *Canopy Reflectance as a Measure of Disease in Tall Fescue*. Crop Science 38: 1603-1613.

Guertal, E.A.; Shaw, J.N. (2004). *Multispectral Radiometer Signatures for Stress Evaluation in Compacted Bermudagrass Turf*. HortScience 39: 403-407.

Hagan, R.M. (1955). *Watering Lawns and Turf and Otherwise Caring for Them*. pp. 462-467. In Stefferud, A. (ed.). *Water: The Yearbook of Agriculture*. U.S. Government Printer Office. Washington, District of Columbia.

Håkansson, I. (2005). *Machinery-Induced Compaction of Arable Soils: Incidence – Consequences – Counter-Measures*. Reports from the Division of Soil Management no. 109, SLU. Department of Soil Sciences. Uppsala, Sweden.

Hallsten, G.P.; Skinner, Q.D.; Beetle, A.A. (1987). *Grasses of Wyoming*. 3rd edition. Research Journal 202. University of Wyoming. Agricultural Experiment Station. Laramie, Wyoming.

Hamdy, A.; Lacirignola, C. (1999). *Mediterranean Water Resources: Major Challenges Towards the 21st Century*. CIHEAM-IAM. Bari.

Harivandi, M.A. (1984). *Turfgrass Irrigation Efficiency*. California Turfgrass Culture 34: 21-23.

Harivandi, M.A.; Davis, W.; Gibeault, V.A.; Henry, M.; van Dam, J.; Wu, L. (1984). *Selecting the Best Turfgrass*. California Turfgrass Culture 34: 17-18.

Harivandi, M.A.; Gibeault, V.A. (1990). *Managing Turfgrasses During Drought*. California Turfgrass Culture 40: 1-2.

Harivandi, M.A.; Hagan, W.B.; Morris, K.N. (2007). *An On-Site Study of Bentgrasses for Quality, Speed, Thatch and Annual Bluegrass Invasion*. Proceeding of XXVII International Horticultural Congress – IHC2006 – International Symposium on Horticultural Plants in Urban and Peri-Urban Life. International Society of Horticultural Science. Acta Horticulturae 762: 133-138.

Hennessey, S.M.; Yun, D.; MacDonald, R. (2010). *The Economic Impact of Golf to a Tourist Destination*. Sport Information Resource Centre (SIRC). Ottawa, Ontario.

Henry, P.M. (1979). *El Mediterráneo: Un Microcosmos Amenazado*. In: Ros, J. (editor). *El Mediterráneo: Un Microcosmos Amenazado*. Editorial Blume. Barcelona.

Henson, I.E.; Jensen, C.R.; Turner, N.C. (1989). *Leaf Gas Exchange and Water Relations of Lupins and Wheat. I. Shoot Responses to Soil Water Deficits*. Australian Journal of Plant Physiology 16: 401-413.

Hernández, L.A.; Suárez, J.; Gómez, A.; Martín, G.J.; Medina, R.; Hernández, A.F.; Coll, F. (2007). *El Césped, un Producto Basado en el Conocimiento*. Pastos y Forrajes 30.

Hillel, D. (1980). *Applications of Soil Physics*. Academic Press. New York.

Hitchcock, C.L.; Cronquist, A. (1973). *Flora of the Pacific Northwest: An Illustrated Manual*. University of Washington Press. Seattle, Washington.

Hollingsworth, B.S.; Guertal, E.A.; Walker, R.H. (2005). *Cultural Management and Nitrogen Source Effects on Ultradwarf Bermudagrass Cultivars*. Crop Science 45: 486-493.

Horgan, B.P.; Yelverton, F.H. (2001). *Removal of Perennial Ryegrass from Overseeded Bermudagrass Using Cultural Methods*. Crop Science 41: 118-126.

Huang, B.; Duncan, R.R.; Carrow, R.N. (1997). *Drought-Resistance Mechanisms of Seven Warm-Season Turfgrasses under Surface Soil Drying: I. Shoot Response*. Crop Science 37: 1858-1863.

Huang, B.; Duncan, R.R.; Carrow, R.N. (1997a). *Drought-Resistance Mechanisms of Seven Warm-Season Turfgrasses under Surface Soil Drying: II. Root Aspects*. Crop Science 37: 1863-1869.

Huang, B.; Duncan, R.R.; Carrow, R.N. (1997b). *Root Spatial Distribution and Activity of Four Turfgrass Species in Response to Localized Drought Stress*. International Turfgrass Society Research Journal 8: 681-690.

Huang, B.; Fry, J.D. (1998). *Root Anatomical, Physiological and Morphological Responses to Drought Stress for Tall Fescue Cultivars*. Crop Science 38: 1017-1022.

Huang, B.; Fry, J.D.; Wang, B. (1998). *Water Relations and Canopy Characteristics of Tall Fescue Cultivars During and After Drought Stress*. HortScience 33: 837-840.

Huang, B.; Liu, X.; Fry, J.D. (1998a). *Shoot Physiological Responses of Two Bentgrass Cultivars to High Temperature and Poor Soil Aeration*. Crop Science 38: 1219-1224.

Huang, B.; Liu, X.; Fry, J.D. (1998b). *Effects of High Temperature and Poor Soil Aeration on Root Growth and Viability of Creeping Bentgrass*. Crop Science 38: 1618-1622.

Huang, B. (1999). *Water Relations and Root Activities of Buchloe dactyloides and Zoysia japonica in Response to Localized Soil Drying*. Plant and Soil 208: 179-186.

Huang, B.; Gao, H. (1999). *Physiological Responses of Diverse Tall Fescue Cultivars to Drought Stress*. HortScience 34: 897-901.

Huang, B.; Gao, H. (2000). *Growth and Carbohydrate Metabolism of Creeping Bentgrass Cultivars in Response to Increasing Temperatures*. Crop Science 40: 1115-1120.

Huang, B.; Gao, H. (2000a). *Root Physiological Characteristics Associated with Drought Resistance in Tall Fescue Cultivars*. Crop Science 40: 196-203.

Huang, B.; Xu, Q. (2000). *Root Growth and Nutrient Element Status of Creeping Bentgrass Cultivars Differing in Heat Tolerance as Influenced by Supraoptimal Shoot and Root Temperatures*. Journal of Plant Nutrition 23: 979-990.

Huang, B. (2001). *Summer Bentgrass Decline: Causes and Cures*. Golf Course Management 69: 61-64.

Huang, B.; Fu, J. (2001). *Growth and Physiological Responses of Tall Fescue to Surface Soil Drying*. International Turfgrass Society Research Journal 9: 291-296.

Huguet i Parellada, J. (1989): *Deporte 92. Golf*. Editorial 92, S.A. Barcelona.

Hull, R.J.; Liu, H. (2005). *Turfgrass Nitrogen: Physiology and Environmental Impacts*. International Turfgrass Society Research Journal 10: 962-975.

Humphreys, M.O. (1981). *Response to Salt Spray in Red Fescue and Perennial Ryegrass*. Proceedings of the 4th International Turfgrass Research Conference. Guelph. 4: 47-54.

Hurdzan, M.J. (1996). *Golf Course Architecture: Design, Construction & Restoration*. Sleeping Bear Press. Chelsea, Michigan.

Hurto, K.A.; Turgeon, A.J.; Spomer, L.A. (1980). *Physical Characteristics of Thatch as a Turfgrass Growing Medium*. Agronomy Journal 72: 165-167.

Hutto, K.C.; King, R.L.; Byrd Jr., J.D.; Shaw, D.R. (2006). *Implementation of Hyperspectral Radiometry in Irrigation Management of Creeping Bentgrass Putting Greens*. Crop Science 46: 1564-1569.

IAGTO (2009). *Golf Tourism Development Strategy*. Comunidad Valenciana. International Association of Golf Tour Operators. London.

ICARDA (1979). *Introduction to Agriculture in West Asia and North Africa*. Technical Manual No. 6. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Aleppo, Syria.

Instituto de Estudios Turísticos (2002). *Encuesta de Movimientos Turísticos en Fronteras: Año 2002*. Secretaría de Estado de Comercio y Turismo. Secretaría General de Turismo. Madrid.

Instituto Nacional de Estadística (2001). *Estadísticas del Agua 1999*. INE. Madrid.



Instituto Nacional de Estadística (2008). *Estadísticas e Indicadores del Agua*. Cifras INE. Boletín Informativo del INE, 1. Madrid.

Instituto de Turismo de España (2004). *Estudio sobre la Demanda Extranjera de Golf: La Promoción y Comercialización del Turismo de Golf en España*. Estudio realizado por THR – Asesores en Turismo Hotelería y Recreación, S.A. Turespaña. Madrid.

Irrigation Association (2005). *Landscape Irrigation Scheduling and Water Management*. The Irrigation Association – Water Management Committee. Falls Church, Virginia.

Jauhar, P.P. (1993). *Cytogenetics of the Festuca-Lolium Complex: Relevance to Breeding*. Springer-Verlag. Berlin.

Jensen, C.R.; Henson, I.E.; Turner, N.C. (1989). *Leaf Gas Exchange and Water Relations of Lupins and Wheat. II. Root and Shoot Water Relations of Lupin During Drought-Induced Stomatal Closure*. Australian Journal of Plant Physiology 16: 415-428.

Jiang, Y.; Huang, B. (2000). *Effects of Drought or Heat Stress Alone and in Combination on Kentucky Bluegrass*. Crop Science 40: 1358-1362.

Jiang, Y.; Huang, B. (2001). *Drought and Heat Stress Injury to Two Cool-Season Turfgrasses in Relation to Antioxidant Metabolism and Lipid Peroxidation*. Crop Science 41: 436-442.

Jiang, Y.; Huang, B. (2001a). *Physiological Responses to Heat Stress Alone or in Combination with Drought: A Comparison Between Tall Fescue and Perennial Ryegrass*. HortScience 36: 682-686.

Jiang, Y.; Huang, B. (2001b). *Osmotic Adjustment and Root Growth Associated with Drought Preconditioning-Enhanced Heat Tolerance in Kentucky Bluegrass*. Crop Science 41: 1168-1173.

Jiang, Y.; Huang, B. (2001c). *Effects of Calcium on Physiological Responses of Tall Fescue and Kentucky Bluegrass to Drought Stress*. International Turfgrass Society Research Journal 9: 297-302.

Jiang, Y.; Carrow, R.N.; Duncan, R.R. (2003). *Correlation Analysis Procedures for Canopy Spectral Reflectance Data of Seashore Paspalum under Traffic Stress*. Journal of the American Society for Horticultural Science 128: 343-348.

Jiang, Y.; Carrow, R.N. (2005). *Assessment of Narrow-Band Canopy Spectral Reflectance and Turfgrass Performance under Drought Stress*. HortScience 40: 242-245.

- Jiang, Y.; Carrow, R.N. (2007). *Broadband Spectral Reflectance Models of Turfgrass Species and Cultivars to Drought Stress*. Crop Science 47: 1611-1618.
- Johnsen, A.R.; Horgan, B.P.; Hulke, B.S.; Cline, V. (2009). *Evaluation of Remote Sensing to Measure Plant Stress in Creeping Bentgrass (Agrostis stolonifera L.) Fairways*. Crop Science 49: 2261-2274.
- Johnson, B.J. (1976). *Transition from Overseeded Cool-Season Grass to Warm-Season Grass with Pronamide*. Weed Science 24: 309-311.
- Johnson, P.G.; Koenig, R.T.; Kopp, K.L. (2003). *Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Responses and Requirements in Calcareous Sand Greens*. Agronomy Journal 95: 697-702.
- Jones, M.M.; Turner, N.C.; Osmond, C.B. (1981). *Mechanisms of Drought Resistance*. pp. 15-37. In Paleg, L.G. & Aspinall, D. (eds.). *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*. Academic Press. New York.
- Jones, S.B.; Wraith, J.M.; Or, D. (2002). *Time Domain Reflectometry Measurement Principles and Applications*. Hydrological Processes 16: 141-153.
- Jordan, J.E.; White, R.H.; Vietor, D.M.; Hale, T.C.; Thomas, J.C.; Engelke, M.C. (2003). *Effect of Irrigation Frequency on Turf Quality, Shoot Density, and Root Length Density of Five Bentgrass Cultivars*. Crop Science 43: 282-287.
- Karcher, D.E.; Richardson, M.D. (2003). *Quantifying Turfgrass Color Using Digital Image Analysis*. Crop Science 43: 943-951.
- Karcher, D.E.; Richardson, M.D.; Landreth, J.W.; McCalla Jr., J.H. (2005). *Recovery of Bermudagrass Varieties from Divot Injury*. Online. Applied Turfgrass Science. doi:10.1094/ATS-2005-0117-01-RS.
- Karcher, D.E.; Richardson, M.D.; Hignight, K.; Rush, D. (2008). *Drought Tolerance of Tall Fescue Populations Selected for High Root/Shoot Ratios and Summer Survival*. Crop Science 48: 771-777.
- Kenna, M.R.; Horst, G.L. (1993). *Turfgrass Water Conservation and Quality*. International Turfgrass Society Research Journal 7: 99-113.
- Kent, M.; Newnham, R.; Essex, S. (2002). *Tourism and Sustainable Water Supply in Mallorca: A Geographical Analysis*. Applied Geography 22: 351-374.
- Keskin, M.; Dodd, R.B.; Han, Y.J.; Khalilian, A. (2004). *Assessing Nitrogen Content of Golf Course Turfgrass Clippings Using Spectral Reflectance*. Applied Engineering in Agriculture 20: 851-860.
- Kim, K.S.; Beard, J.B. (1988). *Comparative Turfgrass Evapotranspiration Rates and Associated Plant Morphological Characteristics*. Crop Science 28: 328-331.

Kir, B.; Avcioglu, R.; Demiroglu, G.; Simic, A. (2010). *Performances of Some Cool Season Turfgrass Species in Mediterranean Environment: I. Lolium perenne L., Festuca arundinacea Schreb., Poa pratensis L., and Agrostis tenuis Sibth.* Turkish Journal of Field Crops 15: 174-179.

Kirda, C. (2002). *Deficit Irrigation Scheduling Based on Plant Growth Stages Showing Water Stress Tolerance.* pp. 3-10. In Heng, L.K. et al. (compilers). *Deficit Irrigation Practices.* FAO Water Reports 22. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Klassen, S.P.; Ritchie, G.L.; Frantz, J.M.; Pinnock, D.R.; Bugbee, B. (2003). *Real-Time Imaging of Ground Cover: Relationships with Radiation Capture, Canopy Photosynthesis, and Daily Growth Rate.* pp. 3-14. In VanToai, T. et al. (eds.). *Digital Imaging and Spectral Techniques: Applications to Precision Agriculture and Crop Physiology.* ASA Special Publication 66. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wisconsin.

Kneebone, W.R.; Major, G.L. (1969). *Differential Survival of Cool-Season Turfgrass Species Overseeded on Different Selections of Bermudagrass.* Crop Science 9: 153-155.

Kneebone, W.R.; Pepper, I.L. (1982). *Consumptive Water Use by Sub-Irrigated Turfgrasses under Desert Conditions.* Agronomy Journal 74: 419-423.

Kneebone, W.R.; Pepper, I.L. (1984). *Luxury Water Use by Bermudagrass Turf.* Agronomy Journal 76: 999-1002.

Kneebone, W.R.; Kopec, D.M.; Mancino, C.F. (1992). *Water Requirements and Irrigation.* pp 441-472. In Waddington, D.V. et al. (eds.). *Turfgrass.* Agronomy Monograph, No. 32. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wisconsin.

Koeritz, E.J.; Stier, J.C. (2009). *Nitrogen Rate and Mowing Height Effects on Velvet and Creeping Bentgrasses for Low-Input Putting Greens.* Crop Sciences 49: 1463-1472.

Kopec, D.M.; Shearman, R.C.; Riordan, T.P. (1988). *Evapotranspiration of Tall Fescue Turf.* HortScience 23: 300-301.

Kopp, K.L.; Guillard, K. (2002). *Relationship of Turfgrass Growth and Quality to Soil Nitrate Desorbed from Anion Exchange Membranes.* Crop Science 42: 1232-1240.

KPMG (2008). *The Value of Golf to Europe, Middle East and Africa – A Study on the Golf Economy.* Oxford Economics. KPMG Golf Advisory Practice in EMA. Budapest.

Kramer, P.J. (1980). *Drought, Stress, and the Origin of Adaptations.* pp.7-20 In Turner, N.C. & Kramer, P.J. (eds.). *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress.* John Wiley & Sons. New York.

Krans, J.V.; Johnson, G.V. (1974). *Subirrigation and Fertilization of Bentgrass During Prolonged Heat Stress*. Proceedings of the 2nd International Turfgrass Research Conference. Virginia. 2: 527-533.

Krogman, K.K. (1967). *Evapotranspiration by Irrigated Grass as Related to Fertilizer*. Canadian Journal of Plant Science 47: 281-287.

Kruse, J.K.; Christians, N.E.; Chaplin, M.H. (2006). *Remote Sensing of Nitrogen Stress in Creeping Bentgrass*. Agronomy Journal 98: 1640-1645.

Kuroyanagi, T.; Paulsen, G.M. (1988). *Mediation of High-Temperature Injury by Roots and Shoots During Reproductive Growth of Wheat*. Plant, Cell and Environment 11: 517-523.

Kussow, W.R. (1987). *Peat in Greens: Knowns, Unknowns and Speculations*. USGA Green Section Record 25: 5-7.

Kuzyakov, Y.; Ehrensberger, H.; Stahr, K. (2001). *Carbon Partitioning and Below-Ground Translocation by Lolium perenne*. Soil Biology Biochemistry 33: 61-74.

Lackschewitz, K. (1991). *Vascular Plants of West-Central Montana: Identification Guidebook*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Intermountain Research Station. Missoula, Montana.

Landschoot, P.J.; Mancino, C.F. (2000). *A Comparison of Visual vs. Instrumental Measurement of Color Differences in Bentgrass Turf*. HortScience 35: 914-916.

Latiesa, M.; Paniza, J.L.; Madrid, V. (2000). *Turismo y Deporte: Algunas Consideraciones sobre su Conceptualización y Taxonomía*. In Latiesa, M. & Álvarez, A. (coord.). El Turismo en la Sociedad Contemporánea – Diversificación, Competitividad y Desarrollo. Ediciones Urbano Delgado, S.L. Granada.

Latiesa, M. (2001). *Evolución y Tendencias de la Conexión entre Turismo y Deporte*. In Latiesa, M. et al. (coord.). Deporte y Cambio Social en el Umbral del Siglo XXI. Librerías Deportivas Esteban Sanz, S.L. Madrid.

Latiesa, M.; Paniza, J.L.; Madrid, V. (2001). *El Golf: Objetivo de Investigación Social*. In Latiesa, M. et al. (coord.). Deporte y Cambio Social en el Umbral del Siglo XXI. Librerías Deportivas Esteban Sanz, S.L. Madrid.

Latiesa, M.; Rebollo, S.; Paniza, J.L. (2002). *Deporte, Turismo y Salidas Profesionales*. In Rebollo, S. & Latiesa, M. (eds.). Salidas Profesionales en el Campo del Turismo y el Deporte. Instituto Andaluz del Deporte. Málaga.

Le Houérou, H.N. (1992). *Climatic Change and Desertization*. Impact of Science on Society 116: 183-201.

- Levitt, J. (1980). *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Volume II: *Water, Radiation, Salt and other Stresses*. 2nd edition. Academic Press. New York.
- Liu, X.; Huang, B. (2002). *Mowing Effects on Root Production, Growth, and Mortality of Creeping Bentgrass*. *Crop Science* 42: 1241-1250.
- Liu, X.; Huang, B.; Banowetz, G. (2002). *Cytokinin Effects on Creeping Bentgrass Responses to Heat Stress: I. Shoot and Root Growth*. *Crop Science* 42: 457-465.
- Liu, H.; Baldwin, C.M.; Luo, H.; Pessarakli, M. (2008). *Enhancing Turfgrass Nitrogen Use under Stresses*. In Pessarakli, M. (ed.). *Handbook of Turfgrass Management and Physiology*. Taylor and Francis Group. Boca Raton, Florida. pp. 555-599.
- López-Bellido, L. (1992). *Mediterranean Cropping Systems*. pp. 311-356. In Pearson, C.J. (ed.). *Field Crop Ecosystems*. *Ecosystems of the World*. Elsevier. Amsterdam.
- López-Bellido, R.J.; López-Bellido, L.; Muñoz-Romero, V.; Fernández García, P.; López-Bellido, J.M.; López-Bellido, P.J.; Calvache, S. (2011). *Determinación de las Necesidades de Nitrógeno de un Green Mediante Sensores Remotos*. *Revista Oficial de la Asociación Española de Greenkeepers* 41: 33-39.
- López-Bellido, R.J.; López-Bellido, L.; Fernández-García, P.; López-Bellido, J.M.; Muñoz-Romero, V.; López-Bellido, P.J.; Calvache, S. (2012). *Nitrogen Remote Diagnosis in a Creeping Bentgrass Golf Green*. *European Journal of Agronomy* 37: 23-30.
- Lucas, L.T. (1995). *Bentgrass Summer Decline*. *North Carolina Turfgrass Summary*: 32-33.
- Lyons, E.M.; Snyder, R.H.; Lynch, J.P. (2008). *Regulation of Root Distribution and Depth by Phosphorus Localization in Agrostis stolonifera*. *HortScience* 43: 2203-2209.
- Madison, J.H. (1962). *Mowing of Turfgrass. II. Responses of Three Species of Grass*. *Agronomy Journal* 54: 250-252.
- Madison, J.H. (1962a). *Turfgrass Ecology. Effects of Mowing, Irrigation, and Nitrogen Treatments of Agrostis palustris Huds., 'Seaside' and Agrostis tenuis Sibth., 'Highland' on Population, Yield, Rooting, and Cover*. *Agronomy Journal* 54: 407-412.
- Madison, J.H.; Hagan, R.M. (1962). *Extraction of Soil Moisture by Merion Bluegrass (Poa pratensis L. 'Merion') Turf, as Affected by Irrigation Frequency, Mowing Height, and Other Cultural Operations*. *Agronomy Journal* 54: 157-160.

Mancino, C.F.; Troll, J. (1990). *Nitrate and Ammonium Leaching Losses from N Fertilizers Applied to "Penncross" Creeping Bentgrass*. HortScience 25: 194-196.

Mangiafico, S.S.; Guillard, K. (2005). *Turfgrass Reflectance Measurements, Chlorophyll, and Soil Nitrate Desorbed from Anion Exchange Membranes*. Crop Science 45: 259-265.

Mangiafico, S.S.; Guillard, K. (2006). *Anion Exchange Membrane Soil Nitrate Predicts Turfgrass Color and Yield*. Crop Science 46: 569-577.

Mangiafico, S.S.; Guillard, K. (2007). *Cool-Season Turfgrass Color and Growth Calibrated to Leaf Nitrogen*. Crop Science 47: 1217-1224.

Mantell, A. (1966). *Effect of Irrigation Frequency and Nitrogen Fertilization on Growth and Water Use of a Kikuyugrass Lawn (Pennisetum clandestinum Hochst.)*. Agronomy Journal 58: 559-561.

Marcum, K.B.; Engelke, M.C.; Morton, S.J.; White, R.H. (1995). *Rooting Characteristics and Associated Drought Resistance of Zoysiagrasses*. Agronomy Journal 87: 534-538.

Marjamäki, T.; Pietola, L. (2007). *Root Growth Dynamics in Golf Greens with Different Compression Intensities and Winter Survival*. Agricultural and Food Science 16: 66-76.

Markwick, M. (2000). *Golf Tourism Development, Stakeholders, Differing Discourses and Alternative Agendas: The Case of Malta*. Tourism Management 21: 515-524.

Martin, D.L.; Wehner, D.J. (1987). *Influence of Prestress Environment on Annual Bluegrass Heat Tolerance*. Crop Science 27: 579-585.

Martiniello, P. (2005). *Variability of Turf Quality and Phytocoenoses in the Playing Areas of Football Grounds in Mediterranean Environments*. Agricultura Mediterranea 135: 209-220.

Martiniello, P.; D'Andrea, E. (2006). *Cool-Season Turf Grass Species Adaptability in Mediterranean Environments and Quality Traits of Varieties*. European Journal of Agronomy 25: 234-242.

Mateus, C.M.A. (2011). *Exportação de Nutrientes pela Grama Bermuda Tifdwarf Utilizada em Greens de Campo de Golf*. Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Horticultura). Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Agronômicas. Campus de Botucatu. São Paulo.

Mazur, A.R.; Wagner, D.F. (1987). *Influence of Aeration, Topdressing, and Vertical Mowing on Overseeded Bermudagrass Putting Green Turf*. HortScience 22: 1276-1278.

Mazur, A.R.; Rice, J.S. (1999). *Impact of Overseeding Bermudagrass with Various Amounts of Perennial Ryegrass for Winter Putting Turf*. HortScience 34: 864-866.

May, L.H.; Milthorpe, F.L. (1962). *Drought Resistance of Crop Plants*. Field Crop Abstracts 15: 171-179.

McCarty, L.B. (2001). *Best Golf Course Management Practices*. Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

McCarty, L.B.; Gregg, M.F.; Toler, J.E.; Camberato, J.J.; Hill, H.S. (2005). *Minimizing Thatch and Mat Development in a Newly Seeded Creeping Bentgrass Golf Green*. Crop Science 45: 1529-1535.

McCarty, L.B.; Gregg, M.F.; Toler, J.E. (2007). *Thatch and Mat Management in an Established Creeping Bentgrass Golf Green*. Agronomy Journal 99: 1530-1537.

McCoy, E.L. (1992). *Quantitative Physical Assessment of Organic Materials Used in Sports Turf Rootzone Mixes*. Agronomy Journal 84: 375-381.

McCoy, E.L.; McCoy, K.R. (2009). *Simulation of Putting-Green Soil Water Dynamics: Implications for Turfgrass Water Use*. Agricultural Water Management 96: 405-414.

McMichael, B.L.; Burke, J.J. (1999). *Temperature Effects on Root Growth*. pp. 383-396. In Waisel, Y. *et al.* (eds.). *Plant Roots: The Hidden Half*. Marcel Dekker Pub. New York.

Menn, W.G.; McBee, G.G. (1971). *An Evaluation of Various Cool-Season Grasses and Grass Mixtures in Overseeding a Tifgreen Bermudagrass Golf Green*. Texas Agricultural Experiment Station. Texas A&M University. College Station, Texas.

Meyer, J.L.; Gibeault, V.A. (1986). *Turfgrass Performance under Reduced Irrigation*. California Agriculture 40: 19-20.

Milesi, C.; Running, S.W.; Elvidge, C.D.; Dietz, J.B.; Tuttle, B.T.; Nemani, R.R. (2005). *Mapping and Modeling the Biogeochemical Cycling of Turf Grasses in the United States*. Environmental Management 36: 426-438.

Minner, D.D.; Dernoeden, P.H.; Wehner, D.J.; McIntosh, M.S. (1983). *Heat Tolerance Screening of Field-Grown Cultivars of Kentucky Bluegrass and Perennial Ryegrass*. Agronomy Journal 75: 772-775.

Minner, D.D. (1984). *Cool-Season Turfgrass Quality as Related to Evapotranspiration and Drought*. Ph.D. Dissertation (Dissertation Abstracts 45-1345). Colorado State University. Fort Collins, Colorado.

Minner, D.D.; Butler, J.D. (1985). *Drought Tolerance of Cool-Season Turfgrasses*. Proceedings of the 5th International Turfgrass Research Conference. Avignon. 5: 199-212.

Mitchell, E.D. (1936). *Sports for Recreation and How to Play Them*. University of Michigan. Department of Intramural Sports. A.S. Barnes and Company. New York.

Moital, M.; Dias, R. (2009). *Determinantes da Satisfação do Turista de Golfe em Lisboa: Uma Comparação entre Britânicos e Nórdicos*. III Congresso Internacional de Turismo de Leiria e Oeste. Instituto Politécnico de Leiria. Leiria.

Mørch, H.F.C. (1999). *Mediterranean Agriculture – An Agro-Ecological Strategy*. Geografisk Tidsskrift. Danish Journal of Geography. Special Issue 1: 143-156.

Morell, I. (2002). *Algunos Aspectos Ambientales de los Campos de Golf*. pp. 79-84. In Blanquer, D. (dir.). IV Congreso de Turismo, Universidad y Empresa. La Diversificación y la Desestacionalización del Sector Turístico. Tirant lo Blanch. Valencia.

Murphy, J.A.; Rieke, P.E.; Erickson, A.E. (1993). *Core Cultivation of a Putting Green with Hollow and Solid Tines*. Agronomy Journal 85: 1-9.

Murphy, J.A.; Samaranayake, H.; Honig, J.A.; Lawson, T.J.; Murphy, S.L. (2005). *Creeping Bentgrass Establishment on Amended-Sand Root Zones in Two Microenvironments*. Crop Science 45: 1511-1520.

Murray, J.J.; Juska, F.V. (1977). *Effect of Management Practices on Thatch Accumulation, Turf Quality, and Leaf Spot Damage in Common Kentucky Bluegrass*. Agronomy Journal 69: 365-369.

Nicault, A.; Alleaume, S.; Brewer, S.; Carrer, M.; Nola, P.; Guiot, J. (2008). *Mediterranean Drought Fluctuation During the Last 500 Years Based on Tree-Ring Data*. Climate Dynamics 31: 227-245.

Nilsen, E.T.; Orcutt, D.M. (1996). *The Physiology of Plants under Stress: A Biotic Factors*. John Wiley & Sons. Inc. New York.

Noborio, K. (2001). *Measurement of Soil Water Content and Electrical Conductivity by Time Domain Reflectometry: A Review*. Computers and Electronics in Agriculture 31: 213-237.

Nutter, F.W.; Gleason, M.L.; Jenco, J.H.; Christians, N.C. (1993). *Assessing the Accuracy, Intra-Rater Repeatability, and Inter-Rater Reliability of Disease Assessment Systems*. Phytopathology 83: 806-812.



Oficina Española de Cambio Climático (2005). *Principales Conclusiones de la Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*. Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

O'Neil, K.J.; Carrow, R.N. (1982). *Kentucky Bluegrass Growth and Water Use under Different Soil Compaction and Irrigation Regimes*. Agronomy Journal 74: 933-936.

O'Neil, K.J.; Carrow, R.N. (1983). *Perennial Ryegrass Growth, Water Use, and Soil Aeration Status under Soil Compaction*. Agronomy Journal 75: 177-180.

Panella, A. (1981). *Tappeti Erbosi. Impianto, Manutenzione e Impieghi*. 2.<sup>a</sup> ed. Edagricole. Bologna.

Paniza Prados, J.L. (2005). *La Percepción Social del Golf en Andalucía*. Tesis Doctorales. Consejería de Turismo, Comercio y Deporte. Junta de Andalucía. Sevilla.

Park, D.M.; Cisar, J.L.; McDermitt, D.K.; Williams, K.E.; Haydu, J.J.; Miller, W.P. (2005). *Using Red and Infrared Reflectance and Visual Observation to Monitor Turf Quality and Water Stress in Surfactant-Treated Bermudagrass under Reduced Irrigation*. International Turfgrass Society Research Journal 10: 115-120.

Park, D.M.; Cisar, J.L.; Williams, K.E.; McDermitt, D.K.; Miller, W.P.; Fidanza, M.A. (2007). *Using Spectral Reflectance to Document Water Stress in Bermudagrass Grown on Water Repellent Sandy Soils*. Hydrological Processes 21: 2385-2389.

Patton, A.J.; Hardebeck, G.A.; Williams, D.W.; Reicher, Z.J. (2004). *Establishment of Bermudagrass and Zoysiagrass by Seed*. Crop Science 44: 2160-2167.

Paulsen, G.M. (1994). *High Temperature Responses of Crop Plants*. pp. 365-389. In Boote, K.J. (eds.). Physiology and Determination of Crop Yield. ASA. Madison, Wisconsin.

Pease, B.W.; Koeritz, E.J.; Soldat, D.J.; Stier, J.C. (2011). *Nitrogen Source and Rate Effects on Velvet Bentgrass Putting Green Turf*. Crop Science 51: 342-352.

Perdomo, P.; Murphy, J.A.; Berkowitz, G.A. (1996). *Physiological Changes Associated with Performance of Kentucky Bluegrass Cultivars During Summer Stress*. HortScience 31: 1182-1186.

Peterson, T.A.; Blackmer, T.M.; Francis, D.D.; Schepers, J.S. (1993). *Using a Chlorophyll Meter to Improve N Management*. Nebguide G93-1171A. Cooperative Extension Service. University of Nebraska. Lincoln, Nebraska.

Petrovic, A.M. (1990). *The Fate of Nitrogenous Fertilizers Applied to Turfgrass*. Journal of Environmental Quality 19: 1-14.

- Pietola, L.; Horn, R.; Yli-Halla, M. (2005). *Effects of Trampling by Cattle on the Hydraulic and Mechanical Properties of Soil*. Soil and Tillage Research 82: 99-108.
- Pocklington, T.E.; Butler, J.D.; Hodges, T.K. (1974). *Color Evaluation of Poa pratensis cultivars*. Journal of the Sports Turf Research Institute 66: 134-140.
- Portillo Yábar, L.J.; Gallardo Guerrero, L. (2000). *Turismo de Golf*. 6.º Congreso Mundial de Ocio y Desarrollo Humano. Universidad de Deusto. Bilbao.
- Priestley, G.K.; Sabí Bonastre, J. (1995). *Una Modalidad Turística en Auge: El Golf*. In La Formació, la Rehabilitació i les Noves Modalitats Turístiques. Universitat de Les Illes Balears. Palma de Mallorca.
- Priestley, G.K. (2006). *Planning Implications of Golf Tourism*. Tourism and Hospitality Research 6: 170-178.
- Qian, Y.L.; Fry, J.D. (1996). *Irrigation Frequency Affects Zoysiagrass Rooting and Plant Water Status*. HortScience 31: 234-237.
- Qian, Y.L.; Fry, J.D.; Wiest, S.C.; Upham, W.S. (1996). *Estimating Turfgrass Evapotranspiration Using Atmometers and the Penman-Monteith Model*. Crop Science 36: 699-704.
- Qian, Y.L.; Fry, J.D.; Upham, W.S. (1997). *Rooting and Drought Avoidance of Warm-Season Turfgrasses and Tall Fescue in Kansas*. Crop Science 37: 905-910.
- Qian, Y.L.; Engelke, M.C. (1999). *Turfgrass Selection: Comparing Three Turfgrasses for Minimum Irrigation Requirements, Drought Resistance and Long-Term Performance*. Turfgrass Trends 8: 4-8.
- Qian, Y.L.; Engelke, M.C. (1999a). *Performance of Five Turfgrasses under Linear Gradient Irrigation*. HortScience 34: 893-896.
- Qian, Y.L.; Follett, R.F. (2002). *Assessing Soil Carbon Sequestration in Turfgrass Systems Using Long-Term Soil Testing Data*. Agronomy Journal 94: 930-935.
- Rachmilevitch, S.; Lambers, H.; Huang, B. (2006). *Root Respiratory Characteristics Associated with Plant Adaptation to High Soil Temperature for Geothermal and Turf-Type Agrostis Species*. Journal of Experimental Botany 57: 623-631.
- Rachmilevitch, S.; Huang, B.; Lambers, H. (2006a). *Assimilation and Allocation of Carbon and Nitrogen of Thermal and Nonthermal Agrostis Species in Response to High Soil Temperature*. New Phytologist 170: 479-490.
- Raikes, C.; Burpee, L.L. (1998). *Use of Multispectral Radiometry for Assessment of Rhizoctonia Blight in Creeping Bentgrass*. Phytopathology 88: 446-449.

Ramcharan, C.; Ingram, D.L.; Nell, T.A.; Barrett, J.E. (1991). *Fluctuations in Leaf Carbon Assimilation as Affected by Root-Zone Temperature and Growth Environment*. HortScience 26: 1200-1202.

Rana, G.; Katerji, N. (2000). *Measurement and Estimation of Actual Evapotranspiration in the Field under Mediterranean Climate: A Review*. European Journal of Agronomy 13: 125-153.

Razmjoo, K.; Imada, T.; Kaneko, S. (1996). *Overseeding Manilagrass [Zoysia matrella (L.) Merr.] with Cool-Season Turfgrasses*. Journal of Turfgrass Management 1: 43-52.

Real Federación Española de Golf y Consejo Superior de Deportes (2003). *Construcción de Campos de Golf*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid.

Real Federación Española de Golf (2013). *Campos y Hándicaps. Datos Estadísticos. Distribución de Clubes por Comunidades Autónomas*. Disponible en [http://www.rfegolf.es/CommitteePaginas/SeldomCommittee\\_Home.aspx?CatId=22](http://www.rfegolf.es/CommitteePaginas/SeldomCommittee_Home.aspx?CatId=22) (acceso en 04/06/2013).

Reeves, S.A.; McBee, G.G.; Bloodworth, M.E. (1970). *Effect of N, P, and K Tissue Levels and Late Fall Fertilization on the Cold Hardiness of Tifgreen Bermudagrass (Cynodon dactylon x C. transvaalensis)*. Agronomy Journal 62: 659-662.

Reginato, R.J.; van Bavel, C.H.M. (1964). *Soil Water Measurement with Gamma Attenuation*. Soil Science Society of America Journal 28: 721-724.

Richards, J.; Karcher, D.; Summerford, J.; Nikolai, T.; Henderson, J.; Sorochan, J. (2009). *Comparing Two Devices Used to Measure Green Speed on Golf Course Putting Greens*. Arkansas Turfgrass Report 2008. Arkansas Agricultural Experiment Station. Research Series 568: 93-99.

Richards, J.; Karcher, D.; Richardson, M.; Patton, A.; Summerford, J. (2010). *High Frequency Rolling on a Sand-Based Putting Green*. Arkansas Turfgrass Report 2009. Arkansas Agricultural Experiment Station. Research Series 579: 77-81.

Richardson, M.D.; Karcher, D.E.; Purcell, L.C. (2001). *Quantifying Turfgrass Cover Using Digital Image Analysis*. Crop Science 41: 1884-1888.

Richardson, A.D.; Duigan, S.P.; Berlyn, G.P. (2002). *An Evaluation of Noninvasive Methods to Estimate Foliar Chlorophyll Content*. New Phytologist 153: 185-194.

Richardson, M.D. (2004). *Morphology, Turf Quality, and Heat Tolerance of Intermediate Ryegrass*. HortScience 39: 170-173.

Richardson, M.D.; Karcher, D.E.; Berger, P.; Boyd, J.W. (2004). *Utilizing Improved Seeded Bermudagrasses on Transition-Zone Sports Fields*. I International Conference on Turfgrass Management and Science for Sports Fields. International Society for Horticultural Science. Acta Horticulturae 661: 369-374.

Richardson, M.D.; Hignight, K.W.; Walker, R.H.; Rodgers, C.A.; Rush, D.; McCalla, J.H.; Karcher, D.E. (2007). *Meadow Fescue and Tetraploid Perennial Ryegrass – Two New Species for Overseeding Dormant Bermudagrass Turf*. Crop Science 47: 83-90.

Richie, W.E.; Green, R.L.; Klein, G.J.; Hartin, J.S. (2002). *Tall Fescue Performance Influenced by Irrigation Scheduling, Cultivar, and Mowing Height*. Crop Science 42: 2011-2017.

Rieke, P.E.; Murphy, J.A. (1989). *Advances in Turf Cultivation*. Proceedings of the 6th International Turfgrass Research Conference. Tokyo. 6: 49-54.

Rinehart, G.J.; Baird, J.H.; Calhoun, R.N.; Schabbenberger, O. (2002). *Remote Sensing of Brown Patch and Dollar Spot on Creeping Bentgrass and Annual Bluegrass Turf Using Visible and Near-Infrared Spectroscopy*. Australian Turfgrass Management 4: 1-7.

Rist, A.M.; Gaussoin, R.E. (1997). *Mowing Isn't Sole Factor Affecting Ball-Roll Distance*. Golf Course Management 65: 49-54.

Robbins, P.; Polderman, A.; Birkenholtz, T. (2001). *Lawns and Toxins: An Ecology of the City*. Cities 18: 369-380.

Robbins, P.; Birkenholtz, T. (2003). *Turfgrass Revolution: Measuring the Expansion of the American Lawn*. Land Use Policy 20: 181-194.

Roberts, E.C.; Bredakis, E.J. (1960). *What, Why and How of Turfgrass Root Development*. Golf Course Reporter 28: 12-24.

Rodriguez, I.R.; Miller, G.L. (2000). *Using a Chlorophyll Meter to Determine the Chlorophyll Concentration, Nitrogen Concentration, and Visual Quality of St. Augustinegrass*. HortScience 35: 751-754.

Rodríguez Díaz, J.A.; Knox, J.W.; Weatherhead, E.K. (2007). *Competing Demands for Irrigation Water: Golf and Agriculture in Spain*. Irrigation and Drainage 56: 541-549.

Romani, M.; Piano, E.; Pecetti, L. (2002). *Collection and Preliminary Evaluation of Native Turfgrass Accessions in Italy*. Genetic Resources and Crop Evolution 49: 341-348.

Russi, L.; Martiniello, P.; Tomasoni, C.; Annicchiarico, P.; Piano, E.; Veronesi, F. (2001). *Establishment of Cool Season Grasses in Different Italian Environments*. International Turfgrass Society Research Journal 9: 917-921.

Sadras, V.O.; Villalobos, F.J.; Fereres, E. (1993). *Leaf Expansion in Field-Grown Sunflower in Response to Soil and Leaf Water Status*. Agronomy Journal 85: 564-570.

Salaiz, T.A.; Shearman, R.C.; Riordan, T.P.; Kinbacher, E.J. (1991). *Creeping Bentgrass Cultivar Water Use and Rooting Responses*. Crop Science 31: 1331-1334.

Salaiz, T.A., Horst, G.L.; Shearman, R.C. (1995). *Mowing Height and Vertical Mowing Frequency Effects on Putting Green Quality*. Crop Science 35: 1422-1425.

Salvà Tomàs, P.A. (1998). *Los Modelos de Desarrollo Turístico en el Mediterráneo*. Cuadernos de Turismo 2: 7-24.

Samala, S.; Yan, J.; Baird, W.V. (1998). *Changes in Polar Lipid Fatty Acid Composition during Cold Acclimation in 'Midiron' and 'U<sub>3</sub>' Bermudagrass*. Crop Science 38: 188-195.

Samaranayake, H.; Lawson, T.J.; Murphy, J.A. (2008). *Traffic Stress Effects on Bentgrass Putting Green and Fairway Turf*. Crop Science 48: 1193-1202.

Samborski, S.M.; Tremblay, N.; Fallon, E. (2009). *Strategies to Make Use of Plant Sensors-Based Diagnostic Information for Nitrogen Recommendations*. Agronomy Journal 101: 800-816.

Santamarta, J. (2000). *Turismo y Medio Ambiente*. World-Watch: 52-55.

Sanz-Magallón, G. (2005). *Una Aproximación al Valor del Agua Utilizada en los Campos de Golf de las Comarcas de Levante y Sureste*. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros 205: 99-123.

Sass, J.F.; Horgan, B.P. (2006). *Irrigation Scheduling on Sand-Based Creeping Bentgrass: Evaluating Evapotranspiration Estimation, Capacitance Sensors, and Deficit Irrigation in the Upper Midwest*. Plant Management Network. Online. Applied Turfgrass Science. doi:10.1094/ATS-2006-0330-01-RS.

Schepers, J.S.; Francis, D.D.; Varvel, G.E. (2006). *Chlorophyll Meters*. United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service. Government Printing Office. Washington, District of Columbia.

Schlemmer, M.R.; Francis, D.D.; Shanahan, J.F.; Schepers, J.S. (2005). *Remotely Measuring Chlorophyll Content in Corn Leaves with Differing Nitrogen Levels and Relative Water Content*. Agronomy Journal 97: 106-112.

Schlossberg, M.J.; Karnok, K.J. (2001). *Root and Shoot Performance of Three Creeping Bentgrass Cultivars as Affected by Nitrogen Fertility*. Journal of Plant Nutrition 24: 535-548.

Schmidt, R.E.; Shoulders, J.F. (1972). *Winter Turf Development on Dormant Bermudagrass as Influenced by Summer Cultivation and Winter N Fertilization*. Agronomy Journal 64: 435-437.

Schmidt, R.E.; Shoulders, J.F. (1977). *Seasonal Performance of Selected Temperate Turfgrasses Overseeded on Bermudagrass Turf for Winter Sports*. Proceedings of the 3rd International Turfgrass Research Conference. Munich. 3: 75-86.

Schmitz, J. (1999). *A Smooth Transition*. Golf Course Management 67: 108.

Shapiro, C.A.; Schepers, J.S.; Francis, D.D.; Shanahan, J.F. (2006). *Using a Chlorophyll Meter to Improve N Management*. NebGuide G1632. Cooperative Extension Service. University of Nebraska. Lincoln, Nebraska.

Shashikumar, K.; Nus, J.L. (1993). *Cultivar and Winter Cover Effects on Bermudagrass Cold Acclimation and Crown Moisture Content*. Crop Science 33: 813-817.

Shearman, R.C.; Beard, J.B. (1973). *Environmental and Cultural Preconditioning Effects on the Water Use Rate of Agrostis palustris Huds., Cultivar Pennncross*. Crop Science 13: 424-427.

Shearman, R.C. (1986). *Kentucky Bluegrass Cultivar Evapotranspiration Rates*. HortScience 21: 455-457.

Shearman, R.C. (1989). *Perennial Ryegrass Cultivar Evapotranspiration Rates*. HortScience 24: 767-769.

Sheffer, K.M.; Dunn, J.H.; Minner, D.D. (1987). *Summer Drought Responses and Rooting Depth of Three Cool-Season Turfgrasses*. HortScience 22: 296-297.

Shildrick, J.P. (1985). *Thatch: A Review with Special Reference to the UK Golf Courses*. Journal of the Sports Turf Research Institute 61: 8-25.

Shuman, L.M. (2001). *Phosphate and Nitrate Movement Through Simulated Golf Greens*. Water, Air, and Soil Pollution 129: 305-318.

Sills, M.J.; Carrow, R.N. (1983). *Turfgrass Growth, N Use, and Water Use under Soil Compaction and N Fertilization*. Agronomy Journal 75: 488-492.

Skene, K.G.M. (1975). *Cytokinin Production by Roots as a Factor in the Control of Plant Growth*. pp. 365-396. In Torrey, J.G. & Clarkston, D.T. (eds.). The Development and Function of Roots. Academic Press. London.

Skogley, C.R.; Sawyer, C.D. (1992). *Field Research*. pp. 589-614. In Waddington, D.V. *et al.* (eds.). *Turfgrass*. Agronomy Monograph, No. 32. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wisconsin.

Smalley, R.R. (1981). *Tillering Response of Five Fine-Leaf Fescue Cultivars to Variations of Light Intensity*. Proceedings of the 4th International Turfgrass Research Conference. Guelph. 4: 487-492.

Smoliak, S.; Penney, D.; Harper, A.M.; Horricks, J.S. (1981). *Alberta Forage Manual*. Alberta Agriculture. Print Media Branch. Edmonton, Alberta.

Stoneman, G.L.; Turner, N.C.; Dell, B. (1994). *Leaf Growth, Photosynthesis and Tissue Water Relations of Greenhouse-Grown Eucalyptus marginata Seedlings in Response to Water Deficits*. Tree Physiology 14: 633-646.

Summerford, J.A.; Karcher, D.E.; Richardson, M.D.; Patton, A.J.; Boyd, J.W. (2009). *Cultural Practice Effects on the Spring Transition of Overseeded Meadow Fescue and Tetraploid Perennial Ryegrass Sports Fields*. International Turfgrass Society Research Journal 11: 1-9.

Taylor, G.R.; Peacock, C.H.; DiPaola, J.M.; Lucas, L.T.; Blum, U.; White, R.H. (1993). *Effects of Mechanically Induced Air Movement on Temperature and Water Potential of Creeping Bentgrass Golf Greens*. pp. 164-165. In *Agronomy Abstracts*. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wisconsin.

Taylor, G.R. (1995). *The Effects of Mechanically Induced Air Movement on the Temperature, Leaf Water Potential and Soil Moisture Percentage of Creeping Bentgrass (Agrostis stolonifera L.) Golf Greens*. MS Thesis. North Carolina State University. Raleigh, North Carolina.

The PGA of America (2004). *First Swing Golfer's Guide*. The Professional Golfer's Association of America. Palm Beach Gardens, Florida.

Throssell, C.S.; Carrow, R.N.; Milliken, G.A. (1987). *Canopy Temperature Based Irrigation Scheduling Indices for Kentucky Bluegrass Turf*. Crop Science 27: 126-131.

Topp, G.C.; Davis, J.L.; Annan, A.P. (1980). *Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines*. Water Resources Research 16: 574-582.

Tous Zamora, D.; Borrego Domínguez, S. (2003). *Campos de Golf y Turismo*. Escuela de Administración de Empresas de Barcelona. Conferencia Presentada en el Congreso Mundial de Gestión Económica del Deporte. Barcelona.

Tovey, R.; Spencer, J.S.; Muckel, D.C. (1969). *Turfgrass Evapotranspiration*. Agronomy Journal 61: 863-867.

Trenholm, L.E.; Carrow, R.N.; Duncan, R.R. (1999). *Relationship of Multispectral Radiometry Data to Qualitative Data in Turfgrass Research*. Crop Science 39: 763-769.

Trenholm, L.E.; Cisar, J.L.; Unruh, J.B. (2011). *St. Augustinegrass for Florida Lawns*. Environmental Horticulture Department. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Gainesville, Florida.

Trusty, S.; Trusty, S. (1998). *Hot Town, Cool Bentgrass*. Golf Course Management 66: 186-191.

Tunis, J.R. (1940). *Sport for the Fun of it: A Handbook of Information on 20 Sports Including the Official Rules*. A.S. Barnes and Company. New York.

Turgeon, A.J. (1996). *Turfgrass Management*. 4th edition. Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.

Turgeon, A.J. (2002). *Turfgrass Management*. 6th edition. Prentice Hall. Saddle Brook, New Jersey.

USGA (1990). *It's Time We Put the Green Back in Green Speed*. United States Golf Association Green Section Record 28: 1-6.

USGA (1993). *USGA Recommendations for a Method of Putting Green Construction: The 1993 Revision*. United States Golf Association Green Section Record 31: 1-3.

USGA (2004). *USGA Recommendations for a Method of Putting Green Construction*. Green Section Staff. United States Golf Association Green Section Record 31: 1-3.

Vera, P.; Hernández-Vázquez, J.L.; Ramiro, J.; Sánchez Bañuelos, F.; García Ferrando, M. (1998). *Libro Blanco I+D en el Deporte*. Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Educación y Cultura, Ministerio de Industria y Energía. Madrid.

Veronesi, F.; Falcinelli, M.; Lucaroni, B.; Russi, L. (1997). *Scelte Varietali in Loietto Inglese (Lolium perenne L.), Poa Pratense (Poa pratensis L.), Festuca Rossa (Festuca rubra L.) e Festuca Arundinacea (Festuca arundinacea Schreb.) per il Loro Utilizzo nella Conduzione di Tappeti Erbosi ad Uso Tecnico, Sportivo e Ricreativo in Centro Italia*. Rivista di Agronomia 31: 127-134.

Villar Lama, A. (2008). *Los Espacios de Golf en el Litoral de Andalucía: Patrones Espaciales y Evolución en el Período 1998-2004*. Ería 76: 247-266.

Volterrani, M.; Grossi, N.; Pardini, G.; Miele, S.; Gaetani, M.; Magni, S. (1997). *Warm Season Turfgrass Adaptation in Italy*. International Turfgrass Society Research Journal 8: 1344-1354.



Volterrani, M.; Miele, S.; Magni, S.; Gaetani, M.; Pardini, G. (2001). *Bermudagrass and Seashore Paspalum Winter Overseeded with Seven Cool-Season Turfgrasses*. International Turfgrass Society Research Journal 9: 957-961.

Waddington, D.V.; Turner, T.R.; Duich, J.M.; Moberg, E.L. (1978). *Effect of Fertilization on Pennncross Creeping Bentgrass*. Agronomy Journal 70: 713-718.

Walsh, R.A. (1995). *Festuca rubra*. In Fire Effects Information System (Online). U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Rocky Mountain Research Station. Fire Sciences Laboratory (Producer). Disponible en <http://www.fs.fed.us/database/feis/> (acceso en 24/05/2012).

Ward, C.Y.; McWhirter, E.L.; Thompson Jr., W.R. (1974). *Evaluation of Cool-Season Turf Species and Planting Techniques for Overseeding Bermudagrass Golf Greens*. Proceedings of the 2nd International Turfgrass Research Conference. Virginia. 2: 480-495.

Watschke, T.L.; Schmidt, R.E. (1992). *Ecological Aspects of Turf Communities*. pp. 129-174. In Waddington, D.V. et al. (eds.). Turfgrass. Agronomy Monograph, No. 32. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wisconsin.

Weatherhead, E.K.; Knox, J.W.; de Vries, T.T.; Ramsden, S.; Gibbons, J.; Arnell N.W.; Odoni, N.; Hiscock, K.; Sandhu, C.; Saich, A.; Conway, D.; Warwick, C.; Bharwani, S.; Hossell, J.; Clemence, B. (2006). *Sustainable Water Resources: A Framework for Assessing Adaptation Options in the Rural Sector*. Tyndall Centre Technical Report 44, Tyndall Centre for Climate Change Research. University of East Anglia. Norwich.

Wehner, D.J.; Watschke, T.L. (1981). *Heat Tolerance of Kentucky Bluegrass, Perennial Ryegrass, and Annual Bluegrass*. Agronomy Journal 73: 79-84.

White, R.H.; Engelke, M.C.; Morton, S.J.; Ruemmele, B.A. (1993). *Irrigation Water Requirement of Zoysiagrass*. International Turfgrass Society Research Journal 7: 587-593.

White, R.H.; Bruneau, A.H.; Cowett, T.J. (1993a). *Drought Resistance of Diverse Tall Fescue Cultivars*. International Turfgrass Society Research Journal 7: 607-613.

Wood, G.W. (1969). *Shade Tolerant Turfgrasses of the United States and Canada*. Proceedings of the 1st International Turfgrass Research Conference. Harrogate. 1: 288-293.

Wu, L.; Huff, D.R. (1983). *Characteristics of Creeping Bentgrass Clones (Agrostis stolonifera L.) from a Salinity-Tolerant Population After Surviving Drought Stress*. HortScience 18: 883-885.

Wu, L.; Huff, D.; Davis, W.B. (1985). *Tall Fescue Turf Performance under a Tree Shade*. HortScience 20: 281-282.

Xiong, X.; Bell, G.E.; Solie, J.B.; Smith, M.W.; Martin, B. (2007). *Bermudagrass Seasonal Responses to Nitrogen Fertilization and Irrigation Detected Using Optical Sensing*. Crop Science 47: 1603-1610.

Xu, Q.; Huang, B. (2000). *Growth and Physiological Responses of Creeping Bentgrass to Changes in Air and Soil Temperatures*. Crop Science 40: 1363-1368.

Xu, Q.; Huang, B. (2000a). *Effects of Differential Air and Soil Temperature on Carbohydrate Metabolism in Creeping Bentgrass*. Crop Science 40: 1368-1374.

Xu, Q.; Huang, B. (2001). *Morphological and Physiological Characteristics Associated with Heat Tolerance in Creeping Bentgrass*. Crop Science 41: 127-133.

Xu, Q.; Huang, B. (2001a). *Lowering Soil Temperatures Improves Creeping Bentgrass Growth under Heat Stress*. Crop Science 41: 1878-1883.

Xu, Q.; Huang, B.; Wang, Z. (2003). *Differential Effects of Lower Day and Night Soil Temperatures on Shoot and Root Growth of Creeping Bentgrass*. HortScience 38: 449-454.

Xu, B.; Li, F.; Shan, L.; Ma, Y.; Ichizen, N.; Huang, J. (2006). *Gas Exchange, Biomass Partition, and Water Relationships of Three Grass Seedlings under Water Stress*. Weed Biology and Management 6: 79-88.

Youngner, V.B. (1959). *Growth of U-3 Bermudagrass Under Various Day and Night Temperatures and Light Intensities*. Agronomy Journal 51: 557-559.

Youngner, V.B. (1961). *Accelerated Wear Tests on Turfgrasses*. Agronomy Journal 53: 217-218.

Youngner, V.B.; Gibeault, V.A.; Breece, J.R. (1972). *Turf Bermudagrasses*. California Turfgrass Culture 22: 1-3.

Youngner, V.B.; Marsh, A.W.; Strohman, R.A.; Gibeault, V.A.; Spaulding, S. (1981). *Water Use and Turf Quality of Warm-Season and Cool-Season Turfgrasses*. Proceedings of the 4th International Turfgrass Research Conference. Guelph. 4: 251-257.

Youngner, V.B. (1985). *Physiology of Water Use and Water Stress*. pp. 37-43. In Gibeault, V.A. & Cockerham, S.T. (eds.). *Turfgrass Water Conservation*. Cooperative Extension. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Oakland, California.

Zhang, J.; Kirkham, M.B. (1995). *Water Relations of Water-Stressed, Split-Root C<sub>4</sub> (Sorghum bicolor; Poaceae) and C<sub>3</sub> (Helianthus annuus; Asteraceae) Plants*. American Journal of Botany 82: 1220-1229.